

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Green-IT

État de l'art

Maghiels, Frédéric

Award date:
2013

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FACULTÉS UNIVERSITAIRES
NOTRE-DAME DE LA PAIX DE NAMUR
INSTITUT D'INFORMATIQUE



GREEN IT : ÉTAT DE L'ART

MÉMOIRE RÉALISÉ DANS LE CADRE
DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

PROMOTEUR : MICHAËL PETIT
ANNÉE SCOLAIRE : 2012-2013

Imprimé sur du papier labellisé Ecolabel Européen et FSC

« Notre maison brûle et nous regardons ailleurs »

Jacques Chirac, 2 septembre 2002

Sommet de la terre, Johannesburg

Abstract

Quand on parle du Green IT, on pense souvent à une mode sur laquelle les écologistes de tout poil surfent allègrement. Le but de ce mémoire est d'objectiver cette idée en analysant le fonctionnement intrinsèque du Green IT. Son origine est identifiée par la volonté principale de réduire les impacts des gaz à effet de serre. Pour arriver à cette fin, il est nécessaire d'analyser d'abord les causes de l'impact écologique de l'IT. Ensuite, ce travail donne les clés pour le mesurer ou l'objectiver. Enfin, seront listées les différentes initiatives du Green IT, catégorisées en termes d'infrastructure, de matériels et de logiciels, en terminant par celles qui conjuguent plusieurs de celles-ci. Nous aurons aussi tenté de donner un cadre de décision basé sur le principe du Magic Quadrant de Gartner. Ce cadre sera circonstancié en fonction du type d'entreprise à laquelle il est confronté. Ce travail se termine par quelques perspectives pour des études ultérieures.

When we talk about Green IT, we often think of a way in which environmentalists surf happily. The purpose of this paper is to objectify this idea by analyzing the inner workings of Green IT. Its origin is identified by the principal will to reduce the impact of greenhouse gas emissions. To achieve this goal, we must first analyze the causes of the environmental impact of IT. Then, this work gives the keys to measure it or objectify it. Finally, will be listed the various initiatives of Green IT, categorized in terms of infrastructure, equipment and software, ending with those that combine several of them. We have also tried to provide a framework for decision based on the principle of the Gartner Magic Quadrant. This framework will be detailed according to the type of business in which it is confronted. This work concludes with some perspectives for future studies.

Remerciements

*« Un seul mot, usé, mais qui brille
comme une vieille pièce de monnaie : merci ! »*

Pablo Neruda

Merci à Monsieur Petit pour son encadrement et ses conseils tout au long de ce mémoire,

Merci aux différents professeurs et assistants des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur qui, tout au long de mes études, m'ont apporté des connaissances, des conseils durant leurs cours et périodes d'examens,

Merci à Guy Buchet, Martine Delcroix, Alain Foulon, Guillaume Jacquet, Kevin Sedda, Claudine Spriet et Stéphany Torrekens pour leurs remarques avisées lors de la révision et la relecture du présent mémoire,

Merci à Benjamine Lurquin pour ses conseils pratiques et sa disponibilité,

Merci aux collègues durant ma vie professionnelle,

Merci à ma famille pour son support et son soutien,

Merci à Stéphanie Petteno pour son aide, sa motivation et son positivisme,

Enfin, je tiens à remercier affectueusement mon épouse Sylvie, mes enfants Romain, Clément^t et Marie^t qui grâce à leur soutien sans faille et les sacrifices concédés ces dernières années, m'ont permis de vivre l'aventure, à la fois passionnante et éprouvante, que sont les études en horaire décalé.

Table des matières

Abstract	5
Remerciements	7
1. Introduction.....	13
1.1 Contexte	13
1.2 Méthodologie	14
1.3 Glossaire et abréviations	15
2. Green IT : un peu d'histoire	19
3. Identifier son empreinte	21
3.1 Matériel	21
3.1.1 Le sac à dos écologique	21
3.1.2 Obsolescence programmée ou ressentie.....	23
3.1.3 Ressources consommables	25
3.2 Logiciel	27
3.2.1 Bloatware	28
3.2.2 Ressources machine	28
3.3 Peut-on identifier tous les impacts ?.....	32
4. Calculer son empreinte	33
4.1 Quelques modèles de calcul	33
4.1.1 Les outils existants sur le web.....	33
4.1.2 Les outils matériels.....	35
4.1.3 Les audits énergétiques et d'empreinte carbone	35
4.1.4 Indicateurs environnementaux et standards.....	37
4.1.5 Analyse du cycle de vie (ACV)	39
4.2 Quelques lois	43
4.2.1 Loi de Moore	43
4.2.2 Loi de Koomey	45
4.2.3 Lois de Lehman.....	45
4.3 Peut-on réellement calculer son empreinte ?.....	45
5. Réduire son empreinte.....	47
5.1 Les pistes.....	47

5.1.1	Infrastructure et organisation	47
5.1.2	Matériel	49
5.1.3	Logiciel.....	55
5.1.4	Initiatives complexes.....	61
5.2	Incitants	72
5.2.1	Légaux.....	72
5.2.2	Economiques	73
5.2.3	Sociétaux	82
5.3	Magic Quadrant du Green IT	86
5.3.1	Démarche	86
5.3.2	Résultats	88
5.3.3	Conclusion et limites du Magic Quadrant.....	100
6.	Limites du Green IT	101
6.1	Peut-on et doit-on tout transformer d'une manière verte ?	101
6.2	Green IT or IT for Green ?.....	103
6.3	Perspectives.....	104
7.	Conclusion	107
8.	Bibliographie	111
9.	Annexes	117
9.1	Calcul de consommation d'une station de travail.....	117
9.1.1	Hypothèses.....	117
9.1.2	Variables.....	117
9.1.3	Formules.....	118
9.2	Les émissions d'un ordinateur tout au long de son cycle de vie.....	120
9.3	Top 50 des entreprises qui ont fait de la RSE un cheval de bataille.....	121

Table des illustrations

Figure 1 : Logo Energy Star.....	19
Figure 2 : Consommation en kWh/an des équipements informatiques.....	25
Figure 3 : Consommation d'un algorithme récursif de résolution d'une tour de Hanoi	29
Figure 4 : Consommation de la résolution d'une tour de Hanoi en mode récursif et itératif, avec et sans optimisation.....	30
Figure 5 : Consommation comparée en CPU entre Internet Explorer et Mozilla Firefox.....	31
Figure 6 : Consommation comparée en Watt entre Internet Explorer et Mozilla Firefox	31
Figure 7 : Classement des entreprises IT selon Greenpeace	40
Figure 8 : Analyse du cycle de vie d'un logiciel	41
Figure 9 : Evolution de la mémoire des ordinateurs.....	43
Figure 10 : Besoins en puissance et mémoire.....	44
Figure 11 : Logo de PAS 141	52
Figure 12 : Logo de l'initiative Ordi 2.0	52
Figure 13 : Logo d'Oxfam.....	52
Figure 14 : Principe des allées chaudes et des allées froides	53
Figure 15 : Logo du projet « Code vert ».....	61
Figure 16 : Logo EPEAT	74
Figure 17 : Logo Energy Star.....	75
Figure 18 : Logo FSC	76
Figure 19 : Logo NF Environnement.....	77
Figure 20 : Logo TCO	77
Figure 21 : Logo 80Plus.....	78
Figure 22 : Logo ASHRAE	79
Figure 23 : Logo Ecolabel Européen	80
Figure 24 : Code of Conduct data centers.....	81
Figure 25 : Logo Blauer Engel	81
Figure 26 : Magic Quadrant- Isolé non IT.....	89
Figure 27 : Magic Quadrant - Isolé IT	91
Figure 28 : Magic Quadrant - PME non IT	93
Figure 29 : Magic Quadrant - PME IT	95
Figure 30 : Magic Quadrant - GE non IT	97
Figure 31 : Magic Quadrant - GE IT	99
Figure 32 : Green IT : trois périmètres	103

1. Introduction

Kyoto, Japon, 1997.

Le monde entier, au moins les Nations Unies, se retrouve au pied du mur. La Terre se réchauffe et c'est notre faute, à nous les hommes ! Que va-t-il se passer ? Nul ne le sait mais ce qu'on sait, c'est que, si on ne fait rien, tout va s'aggraver et on se pose alors des questions sur l'avenir de l'homme sur Terre. On doit faire quelque chose. Cela commence par la réduction des gaz à effet de serre qui comme leur nom l'indique, transforment petit à petit l'atmosphère terrestre en serre, provoquant un réchauffement global.

Et sur quoi pouvons-nous agir ? Notamment sur les nouvelles technologies dont l'essor est constant et qui sont de plus en plus gourmandes en énergie : l'**Information Technology**.

1.1 Contexte

Le terme « Green IT¹ » est souvent repris à la une de magazines destinés au programmeur ou aux managers. Mais qu'est-ce vraiment que le Green IT ? Est-ce simplement un phénomène de mode ou une réelle préoccupation ?

La notion de Green IT est souvent réduite, dans l'esprit des informaticiens, à une préoccupation purement et simplement écologique, à une volonté de rendre l'informatique plus verte. Le phénomène Green IT représente donc souvent, pour beaucoup, une simple mode comme d'autres, voire une lubie réservée aux informaticiens « écolos ». Pourtant, après avoir étudié le sujet, nous avons remarqué que la notion de Green IT est très vaste et très complexe. Elle est aussi évidemment beaucoup plus profonde qu'un simple engouement écologique passager.

Pour d'autres spécialistes de l'IT, le Green IT est devenue une évidence incontournable, un élément à prendre en compte dans toute réalisation, voire un nouveau mode de pensée. Comme on peut réapprendre à manger correctement selon des principes de nutrition, on peut apprendre à refaire de l'informatique selon des principes « green ».

Le but de ce mémoire est de rassembler des informations sur le sujet et faire l'état de l'art du Green IT. Il a aussi comme but de le mettre à disposition comme aide-mémoire dans son milieu personnel, mais surtout professionnel.

Il ne touche pas seulement les experts ICT mais aussi les utilisateurs finaux, soucieux de réduire leur empreinte écologique mais aussi de réduire leur coût. La finalité de ce mémoire est d'induire une prise de conscience des nombreuses possibilités non exploitées mais aussi des limites que celles-ci ont intrinsèquement.

¹ Il existe bien-sûr un terme dédicacé en français pour identifier le « Green IT ». Il s'agit du terme « Eco-TIC ».

1.2 Méthodologie

La méthodologie suivie a été de rassembler toutes les informations utiles concernant le contexte du Green IT² et d'ensuite les catégoriser pour les structurer. Il n'a pas toujours été évident de trier les informations, en essayant de faire abstraction des lieux communs. Cependant, la documentation trouvée nous semble de bonne qualité. Nous n'avons négligé aucun courant de pensée et essayé d'être le plus complet possible en ce qui concerne la majorité des initiatives existantes à ce jour. Chaque information puisée dans un article ou un ouvrage sera renseigné par un acronyme entre crochets, se référant à la bibliographie se trouvant à la fin de ce mémoire.

Ainsi, la structure de ce mémoire sera la suivante : nous parlerons tout d'abord de l'histoire de la notion de Green IT. En d'autres termes, nous essaierons, sans faire un travail d'historien, de la replacer dans son contexte ainsi de que documenter son évolution en regard des grandes modifications de notre société.

Ensuite, nous effectuerons un diagnostic des éléments qui influencent le recours au Green IT. Il s'agira d'un diagnostic des différentes "maladies" afférents à la vie d'une société ou de la société en général, du point de vue de leur impact sur les aspects verts de leur informatique.

En troisième lieu, nous tenterons de déterminer la gravité des maladies. Ainsi, nous présenterons quelques modèles de calculs, quelques outils et quelques grandes lois. Nous donnerons aussi les clés pour utiliser ce qui existe sur le marché, notamment pour calculer la comptabilité carbone.

Nous en viendrons alors au cœur des préoccupations du Green IT, à savoir, comment réduire son empreinte verte, dans une perspective écologique et économique. Nous en profiterons pour effectuer un petit zoom sur la mise en place d'une initiative Green IT au sein d'un service fédéral. Nous parlerons aussi des différents incitants qui existent pour d'une part conscientiser les entreprises, d'autre part forcer celles-ci à entreprendre une démarche écoresponsable. Nous en profiterons pour présenter un aperçu des labels principaux utilisés pour pousser en avant les équipements responsables. Dans ce chapitre, nous verrons aussi comment on peut objectiver le choix des initiatives à mettre en place en fonction du type d'entreprise. Nous réaliserons cela via la réalisation de schémas de type « Magic Quadrant », comme Gartner les a institutionnalisés.

Nous terminerons notre exposé par les quelques freins à la mise en place du Green IT, ainsi que les contradictions que le Green IT peut poser. Nous parlerons aussi des domaines qui n'ont pas été couverts par ce mémoire et qui restent des pistes à explorer.

² Dans le contexte du Green IT, il aurait été possible d'aborder profondément les problèmes et les solutions posées par le domaine de la téléphonie. Celui-ci étant plus spécifique que celui des ordinateurs, bien que les smartphones soient maintenant de petits ordinateurs, il a été laissé hors du périmètre de ce mémoire.

1.3 Glossaire³ et abréviations

ACV	L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthodologie d'analyse itérative de la fonction des produits constituée de 4 étapes principales dont la structure est standardisée par la norme ISO 14044. Appliquée à l'écologie, les méthodes d'analyse du cycle de vie orientées « dommages » soulignent les impacts environnementaux à chaque étape du cycle de vie du produit : fabrication, commercialisation, utilisation, recyclage.
Centre informatique	Ou centre de données (data center) Regroupe dans un seul bâtiment un ensemble d'équipements informatiques - serveurs, baies de stockage, commutateurs, etc. - permettant de fournir un service informatique : hébergement de site web, grille de calculs, stockage de données, etc. On parle de « salle informatique » lorsque le matériel occupe une partie seulement d'un bâtiment qui ne lui est pas dédié.
Cloud computing	Le cloud computing ⁴ est une nouvelle manière de fournir et d'utiliser les aptitudes des systèmes informatiques, qui est basée sur les nuages (cloud en anglais): un parc de machines, d'équipement de réseau et de logiciels maintenu par un fournisseur, que les consommateurs peuvent utiliser en libre-service via Internet. Les caractéristiques techniques du nuage ne sont pas connues du consommateur et les services sont payés à l'usage. Selon la définition du <i>National Institute of Standards and Technology (NIST)</i> , le cloud computing est l'accès via un réseau de télécommunications, à la demande et en libre-service, à des ressources informatiques partagées configurables.
CPU	Central Processor Unit : unité centrale d'un ordinateur, responsable des processus de calcul.
CSR	Corporate Social Responsibility, voir RSE
DEEE	Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques, regroupent l'ensemble des équipements électriques et électroniques qui ne sont plus utilisables. Leur gestion est définie par la directive européenne WEEE Voir aussi WEEE
Eco-label	Les ecolabels sont destinés à promouvoir la conception, la commercialisation et l'utilisation de produits ayant un impact moindre sur l'environnement pendant leur cycle de vie.
Eco-TIC	Le terme Eco-TIC commence à remplacer le terme anglo-saxon Green IT dans la langue française. Les éco-TIC sont constituées de l'ensemble des méthodes, logiciels, matériels, services et processus informatiques qui : <ul style="list-style-type: none">• participent à la réduction de l'empreinte environnementale des activités humaines,• améliorent les conditions de vie des citoyens et de travail des salariés,• aident les entreprises à gérer l'évolution du cadre réglementaire lié à l'environnement,• participent à la croissance « verte » de l'économie en encourageant les effets de levier positifs des TIC sur l'environnement.

³ Définitions issues de [GUID1], [MITT1], Wikipedia

⁴ Les termes français sont divers : informatique en nuage, informatique dématérialisée, ou encore infonuagique.

Empreinte écologique	L'empreinte écologique comptabilise la demande exercée par les hommes envers les « services écologiques » fournis par la nature. Plus précisément, elle mesure les surfaces biologiquement productives de terre et d'eau nécessaires pour produire les ressources qu'un individu, une population ou une activité consomme et pour absorber les déchets générés, compte tenu des technologies et de la gestion des ressources en vigueur. Cette surface est exprimée en hectares globaux (hag), c'est-à-dire en hectares ayant une productivité égale à la productivité moyenne. Un Français a besoin de 4,6 hag pour maintenir son niveau de vie. Si l'humanité consommait autant qu'un Français, il faudrait disposer de 2,5 planètes.
Fin de vie	Etape du cycle de vie d'un objet à partir de laquelle il n'est plus utilisé. La fin de vie comporte elle-même différentes sous-étapes : collecte, tri, reconditionnement, dépollution, recyclage, valorisation (incinération) et enfouissement.
GES	Gaz à Effet de Serre. Les GES sont des composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un des principaux facteurs à l'origine du réchauffement climatique. Les principaux gaz à effet de serre non-artificiels sont : la vapeur d'eau (H ₂ O), le dioxyde de carbone (CO ₂), le méthane (CH ₄), le protoxyde d'azote (N ₂ O), et l'ozone (O ₃). La production d'électricité à base de charbon et de pétrole (les deux principales sources d'énergie primaire dans le monde) émet essentiellement du CO ₂ . La production d'électricité nucléaire émet essentiellement de la vapeur d'eau.
IE	Internet Explorer
kWh	Kilowatt/heure Quantité d'énergie consommée pendant une durée donnée. On mesure par exemple la consommation électrique d'un ordinateur en kWh par an.
RoHS	Restriction of Hazardous Substances. Directive européenne (2002/95/EC) adoptée en février 2003. Elle vise à réduire la quantité de substances particulièrement polluantes - plomb, mercure, cadmium, etc. - dans les appareils électroniques.
RSE	La Responsabilité Sociétale des Entreprises ou Responsabilité Sociétale et Environnementale ⁵ (RSE ou CSR en anglais pour Corporate Social Responsibility) est un concept dans lequel les entreprises intègrent les préoccupations sociales, environnementales, citoyennes, et économiques dans leurs activités. La RSE est la déclinaison pour l'entreprise des concepts de développement durable (environnement, société, économie). La RSE tend à définir les responsabilités des entreprises vis-à-vis de ses parties prenantes, dans la philosophie « agir local, penser global ». Il s'agit donc d'intégrer le contexte mondial et local dans la réflexion stratégique.
Sac à dos écologique	Egalement appelé « ecological rucksack » et traduit par MIPS (Material Intensity Per unit of Service) en anglais, cet indicateur mesure l'intensité en ressources de la fabrication d'un objet. Il compare le poids de matières premières nécessaires à la fabrication par rapport au poids du produit fini.
Télétravail	Le télétravail rassemble les outils - matériels, logiciels, méthodes - qui facilitent le travail à distance, en dehors du lieu de travail traditionnel. Les solutions techniques du télétravail sont conçues en fonction des usages : communication unifiée, téléprésence, conférence en ligne, etc. Elles sont également déclinées par secteur d'activité : télé-médecine, etc. Selon le scénario, le télétravail permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre (voir GES), notamment en limitant les déplacements professionnels qui constituent 50% des émissions des entreprises du secteur tertiaire.

⁵ Selon les sources.

TIC	Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Cet acronyme regroupe essentiellement les technologies de communication et l'informatique.
Virtualisation	Cette approche consiste, pour les serveurs, à créer une image logicielle de serveurs physiques sous-utilisés et à exécuter ces serveurs virtuels sur un seul serveur physique.
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment. Traduit par DEEE en français. Directive européennes (2002/96/EC) visant à organiser la filière du recyclage des appareils électroniques. Elle est directement liée à l'écotaxe sur les appareils électroniques. Cette écotaxe finance une partie du processus de recyclage.

2. Green IT : un peu d'histoire

Qu'entend-on par Green IT ? Est-ce uniquement une question purement environnementale et écologique ?

Le mouvement écologique, au début des années 90, a mis en avant une série de problématiques, dont la plus répandue est celle de l'importance de l'émission des gaz à effet de serre (GES) dans la responsabilité globale de l'espèce humaine envers l'évolution de la planète Terre. En effet, l'émission des GES serait, selon une des théories les plus souvent avancées⁶, une des raisons majeures de l'augmentation de la température terrestre et de la modification à court ou moyen terme du climat.

De nombreux facteurs sont à l'origine de l'émission de ces gaz. Il est certain qu'au début du questionnement sur les GES, ce n'est pas la partie « Information technology » qui a été pointée du doigt car son influence était relativement transparente et négligée⁷.

Toutefois, l'Agence de Protection de l'Environnement américaine (U.S. Environmental Protection Agency (E.P.A.)) lançait à ce moment-là un programme visant à promouvoir les équipements IT les plus efficaces énergétiquement parlant. Il s'agit du programme qui a mené à la création, en 1992, du fameux label « Energy Star »⁸, mondialement connu. A ce moment, le but principal de ce programme était, quasiment uniquement, d'aborder la problématique de l'émission des GES. La notion de Green IT utilisée à cette époque était donc souvent associée à de l'écologie pure et simple.



Figure 1 : Logo Energy Star

Les sociétés ne se rendaient pas compte à cette époque que la consommation d'énergie de l'IT qui représentait alors une portion minime des coûts d'une entreprise, pouvait devenir un enjeu important pour l'avenir. L'émergence de nouveaux standards, modèles et labels spécifiques à la réduction des gaz à effet de serre, notamment dans l'IT, est aussi due en grande partie à la convention des Nations-Unies qui a mené à la signature du protocole de Kyoto en 1997.

De plus, la part croissante prise par les ordinateurs portables et les problèmes que la durée de vie de leur batterie causait ont mené petit à petit à une conscientisation de l'importance d'avoir des équipements efficaces énergétiquement. Ainsi, la demande toujours croissante d'augmentation de la rentabilité a poussé de nombreuses sociétés à investir de plus en plus dans l'IT et ainsi, entraîné la demande d'énergie pour alimenter ces équipements⁹. Par exemple, selon une étude de la société E.M.A. réalisée en 2008, il a été estimé que l'augmentation de la consommation des Etats-Unis en

⁶ Le propos de ce mémoire n'est évidemment pas de revenir sur la polémique actuelle concernant la réalité de l'importance des GES dans les changements climatiques, ni sur la pertinence de l'existence d'un changement climatique. Ce rappel de la théorie, quasi communément adoptée, n'est dans ce mémoire que pour illustrer l'origine du Green IT.

⁷ [TRUE1]

⁸ Logo issu de www.mlbuildingtechnologies.com.

⁹ [GREE2]

2011 pour leurs infrastructures informatiques mènerait à la création de 10 centrales productrices d'énergie¹⁰. La croissance de cette demande électrique ne poserait, a priori, que peu de problèmes si celle-ci n'était pas essentiellement alimentée par des énergies fossiles (pétrole, charbon,...) ou par l'énergie nucléaire, toutes non renouvelables. Economiquement parlant, cela induirait de fait une augmentation significative des prix de celles-ci.

De plus, il est probable que nombre d'entreprises soient arrivées à leur limite, énergiquement parlant. Ce fait a poussé ces sociétés à devoir penser « créatif » sur le point de vue de leur consommation pour continuer à accroître leur business.

C'est de toutes ces raisons, économiques et sociétales, que le Green IT est né. On voit que la problématique de « départ » des GES n'a été qu'un déclencheur à un mouvement beaucoup plus vaste qui induit des modifications dans le comportement informatique de la société. Ces modifications toucheront donc, à terme, différents éléments constitutifs de l'informatique, à savoir :

- La réduction de l'émission des GES grâce à la réduction de la demande d'énergie
- La diminution des impacts nocifs sur l'environnement des déchets issus des équipements informatiques (de la préconception¹¹ à la post-utilisation¹²)
- La réduction des coûts
- L'utilisation-même des composantes matérielle et logicielle afin que celles-ci contribuent à un renforcement d'une politique verte au sein des sociétés

La grande crise de 2008 a aussi été un moteur pour de nombreuses entreprises à devoir repenser leur coûts, y compris ceux des infrastructures et processus informatiques.

Dans le chapitre suivant, nous verrons en détails quelles sont ces différentes composantes qui influent sur la qualification d'informatique « verte » et qui conditionnent le positionnement d'une collectivité ou d'un individu dans un cadre sociétal qui tient compte de sa propre empreinte¹³ sur lui-même.

¹⁰ [TRUE1]

¹¹ Production écoresponsable des équipements

¹² Recyclage, neutralisation des composants toxiques,...

¹³ Ecologique mais aussi économique

3. Identifier son empreinte

Lorsqu'on tente d'identifier les impacts sur l'empreinte écologique de n'importe quel métier, il est d'usage de classer les impacts que les étapes de production du métier produisent. Dans le contexte du Green IT, nous allons nous intéresser aux deux grandes divisions classiques de l'informatique, à savoir : le matériel et le logiciel.

3.1 Matériel

Lorsqu'on parle du matériel informatique, le champ d'application de ce terme est très large car il englobe un certain nombre de concepts, très variés. On peut ainsi catégoriser les impacts en fonction des domaines suivants :

- Infrastructure : data centers (bâtiments dédiés et serveurs), mainframes, câblage, alimentation électrique, etc.
- Informatique de bureau : ordinateurs de bureau, ordinateurs portables, claviers, souris, imprimantes, scanners, disques durs, cartes internes, etc.
- Supports : papier, encre, CD, DVD, cartes mémoire, etc.

Nous ne ferons pas la distinction dans ce point entre ces différents domaines mais nous parlerons plutôt des regards que l'on peut poser sur le matériel. Nous parlerons d'abord du sac à dos écologique du matériel, ensuite du phénomène souvent cité de l'obsolescence programmée, que nous nuancerons quelque peu, et enfin, de l'utilisation des ressources par les équipements informatiques.

3.1.1 Le sac à dos écologique

Pour les non-initiés du domaine technologique et industriel de l'informatique, il n'est pas toujours évident de se rendre compte que le coût¹⁴ de fabrication d'un ordinateur ne se limite pas à son volume et à son poids. C'est là qu'intervient la notion de sac à dos écologique, ou matière grise¹⁵. Le sac à dos écologique est la quantité de matières premières et d'énergie nécessaire à la production d'un équipement, avant même sa distribution et sa mise en service.

Il n'existe pas encore vraiment de comptabilisation complète de ce sac à dos écologique. En effet, des études ont été effectuées sur un ensemble de composants mais pas sur l'ensemble d'un ordinateur par exemple. Cependant, on peut dire que le sac à dos écologique d'un ordinateur est indéniable et non-négligeable, au regard des chiffres que nous possédons déjà. Selon une étude¹⁶ du WWF¹⁷, il s'avère que l'empreinte carbone de la

¹⁴ Quand nous parlons de coût, nous voulons bien parler du coût au point de vue économie mais aussi au point de vue ressources.

¹⁵ A l'opposition de la matière blanche, « déclarée » du matériel.

¹⁶ [GUID1]

fabrication d'un ordinateur serait de 3,5 fois supérieure à celle de son utilisation. Il dénombre aussi qu'une puce électronique d'un gramme nécessite pas moins de 16 000 fois ce poids pour la produire. Cette masse de matières se délimite en 1000 grammes de matières premières brutes et 15 000 grammes d'eau douce, ressource précieuse, au même titre que d'autres que nous verrons ci-après. Par comparaison, pour une voiture, on note un rapport de 54:1. Quand on se rend compte de ce gouffre de ressources, ce rapport de 16000:1 des puces électroniques¹⁸, il est intéressant de se poser la question de la pérennité des équipements.

Métaux précieux

Dans le sac à dos écologique, on peut trouver de nombreuses ressources communes à la surface de la Terre. Malheureusement, on trouve aussi de nombreux métaux précieux dont les gisements sont presque épuisés, d'ici 2 à 30 ans¹⁹ pour certains. On parle des matériaux comme le terbium²⁰, le hafnium²¹, l'argent²², l'or²³, le zinc²⁴. Comme les gisements se font de plus en plus rares et pauvres, il s'avère que les méthodes d'extraction sont de plus en plus polluantes et engendrent parfois un trafic dans les pays en voie de développement²⁵. Le sac à dos écologique s'alourdit alors de problèmes sociaux et économiques. Nous verrons plus loin qu'il existe certaines alternatives à ces métaux.

Substances toxiques

A ces métaux précieux, peu ou pas polluants, s'ajoutent alors les non moins célèbres métaux lourds. A ceux-ci, peuvent s'adjoindre d'autres matières chargées de conséquences pour les nappes phréatiques, pour la pollution du sol et pour la santé humaine et animale. Pour les métaux lourds, on parle des éléments²⁶ comme le plomb²⁷, le cadmium²⁸, le mercure²⁹. Pour les matières toxiques, il en existe de nombreuses, nous n'en citerons que quelques-unes³⁰.

¹⁷ World Wildlife Fund (Fonds mondial pour la vie sauvage), organisation non gouvernementale, chargée de la protection de la nature et de l'environnement.

¹⁸ [GUID1]

¹⁹ [GUID1]

²⁰ Utilisé comme substance phosphorescente dans les tubes cathodiques. Estimation de l'épuisement : 2012. [DREZ1]

²¹ Utilisé comme isolant dans les processeurs. Estimation de l'épuisement : 2018. [DREZ1]

²² Utilisé, notamment, comme agent de soudure. Estimation de l'épuisement : 2021-2037. [DREZ1][VERS1]

²³ Utilisé comme contacteur électronique. Estimation de l'épuisement des ressources accessibles à un coût admissible : 2025. [DREZ1] [VERS1]

²⁴ Utilisé dans certains types de mémoires. Estimation de l'épuisement des ressources accessibles à un coût admissible : 2025. [DREZ1] [VERS1]

²⁵ [GUID1]

²⁶ [SANG1]

²⁷ Utilisé majoritairement dans les batteries. Les ressources seront, elles aussi, épuisées d'ici 15-30 ans. [VERS1]

²⁸ Utilisé dans les batteries et dans les soudures.

²⁹ Utilisé dans les batteries et dans certaines lampes.

³⁰ [GUID1]

Les retardateurs de flammes halogénés³¹, sont responsables, non seulement de pollution pour tous les organismes vivants, car ils causent des déficiences et de la débilité, mais aussi de graves dommages aux êtres humains si, malgré leur action, l'incendie se déclare. En effet, ils produisent en brûlant du dioxyde de carbone et du cyanure d'hydrogène, plus couramment connu depuis la Seconde Guerre Mondiale sous le nom de « Zyklon B ». Les phtalates sont des plastifiants couramment utilisés, notamment dans le PVC, dont l'usage n'est en soi pas dangereux mais peut, à terme, migrer vers l'intérieur du corps humain et affecter sa fertilité. Les effets indésirables sont les mêmes que ceux que ceux du Bisphénol A, utilisé aussi dans les matières plastiques et dans certains papiers à impression thermique. Le dernier élément toxique abordé ici sera l'arsenic³². Il mène à des intoxications, des cancers ou encore des problèmes respiratoires.

Toutes ces substances toxiques et métaux précieux n'atteignent pas nécessairement l'être humain ou l'environnement mais sont des composantes du matériel informatique qui font partie intégrante de leur sac à dos. En effet, ces substances sont soit de plus en plus difficiles à extraire de la terre, soit de plus en plus difficiles à produire de manière durable.

Malgré cela, une fois produit de manière la plus durable possible, un matériel informatique a une certaine durée de vie. De la même manière qu'on amortit un investissement sur plusieurs années, cette durée de vie conditionne l'étalement du sac à dos écologique sur toute la durée de vie du matériel, jusqu'à sa fin de vie. L'estimation de la fin de vie du matériel devient de plus en plus subjective que réelle. C'est ce que nous verrons dans le point suivant.

3.1.2 Obsolescence programmée ou ressentie

La durée de vie moyenne d'un ordinateur a été divisée par 4 lors des 30 dernières années. Elle atteint seulement 3 ans depuis 2005³³. Est-ce vraiment dû à l'usure du matériel ou est-ce un autre phénomène qui conduit à cette obsolescence rapide ? C'est à cet instant que nous abordons le phénomène de cette obsolescence programmée des équipements informatiques. Plusieurs causes peuvent être avancées à ce phénomène.

Le premier point est la diminution du prix des équipements. En effet, nombre d'utilisateurs ou de sociétés consacrent de moins en moins de temps et de moyens à maintenir un parc informatique en évolution, dû au faible coût du remplacement. Les équipements sont considérés comme « jetables »³⁴. De plus, comme la durée

³¹ Brome, Chlore, Fluor, Iode.

³² Utilisé dans les imprimantes laser.

³³ [GUID1]

³⁴ [BORD5]

d'amortissement a augmenté pour passer de 1 à 5 ans³⁵ en fonction de l'équipement, un matériel ancien ne permet plus de diminution de la pression fiscale.

Deuxièmement, les constructeurs ont pris la décision commerciale d'aller vers des matériels de moins en moins réparables, recyclables et reconditionnables³⁶. Prenons l'exemple d'un ordinateur d'il y a 20 ans : toutes les pièces étaient interchangeables, du processeur, à l'écran. Il était donc aisé de mettre à jour pour augmenter la puissance ou la capacité, sans souci. Ces initiatives étaient même accessibles sans grandes connaissances informatiques. Si on prend l'exemple inverse, dans la monde d'aujourd'hui, qui va tenter de réparer, mettre à jour matériellement une tablette ? Même pour les ordinateurs de bureau, il devient quasiment impossible de changer un processeur car ceux-ci sont soudés sur la carte-mère (norme Land Grid Array) au lieu d'être simplement clipsés (BGA (norme Ball Grid Array)). Les plus grands constructeurs, comme Intel³⁷, y sont passés, ce qui accentue encore le problème à l'échelle mondiale. D'autres éléments des ordinateurs sont aussi devenus impossibles à remplacer car ils sont totalement liés à leur support : c'est le cas de certaines batteries qui sont soudées ou encore de systèmes de fixation des cartes à la coque de l'ordinateur qui sont propriétaires³⁸ et donc difficilement remplaçables par l'utilisateur³⁹. La hausse de la main d'œuvre contribue aussi au fait que les utilisateurs ou les entreprises ne réparent plus les PC. Les compétences nécessaires étant de plus en plus pointues, il devient difficile de trouver quelqu'un qui puisse réparer, si, toutefois, il trouve la documentation nécessaire et les pièces de rechange adéquates.

La raison suivante de l'obsolescence est la conséquence de l'évolution des logiciels. Celle-ci provoque la nécessité de changer de matériel pour deux raisons. D'abord, le support technique d'une version de logiciel ou de langage n'étant plus assuré, il est nécessaire d'évoluer vers une nouvelle version⁴⁰. Ensuite, les besoins en ressources des logiciels sont en croissance constante. Comme nous le verrons dans le chapitre suivant, la demande est multipliée par deux entre deux versions de logiciel, aussi bien au niveau puissance, mémoire vive que capacité de stockage.

Enfin, au-delà de l'obsolescence programmée, on trouve une notion moins entendue qui est celle de l'obsolescence ressentie⁴¹. Quelle que soit la qualité des logiciels installés, il est évident qu'un système d'exploitation finit toujours pas être surchargé. Plusieurs paramètres entrent en compte dans ce phénomène : les fichiers temporaires, les restes de désinstallations incomplètes, les cookies, etc. La non-connaissance des bons gestes d'entretien d'un ordinateur, comme la défragmentation ou le nettoyage de la base de

³⁵ [BORD5]

³⁶ [BORD5]

³⁷ [BORD18]

³⁸ Spécifiques pour une marque définie.

³⁹ [BORD5]

⁴⁰ [GUID1]

⁴¹ [PHIL3]

registres, reste un frein à la longévité des ordinateurs. Ceux-ci seront considérés comme dépassés alors que cela ne se justifierait pas.

3.1.3 Ressources consommables

Electricité et consommation carbone

Dans l’empreinte écologique d’un équipement, on trouve bien évidemment son empreinte matérielle lors de sa fabrication mais aussi son empreinte carbone lors de son utilisation. L’électricité est une ressource comme une autre, qui a un certain poids écologique, qui est lui-même fonction de sa propre source. C’est alors qu’on parle d’électricité verte, à l’opposé de l’électricité issue de matériaux fossiles, comme le charbon et le pétrole.

La consommation des équipements informatiques est souvent marginalisée mais si, prise individuellement, elle peut être négligeable, la multiplicité de ceux-ci en fait un problème de masse. Voici pour avoir une idée un comparatif des consommations de différents équipements⁴² :

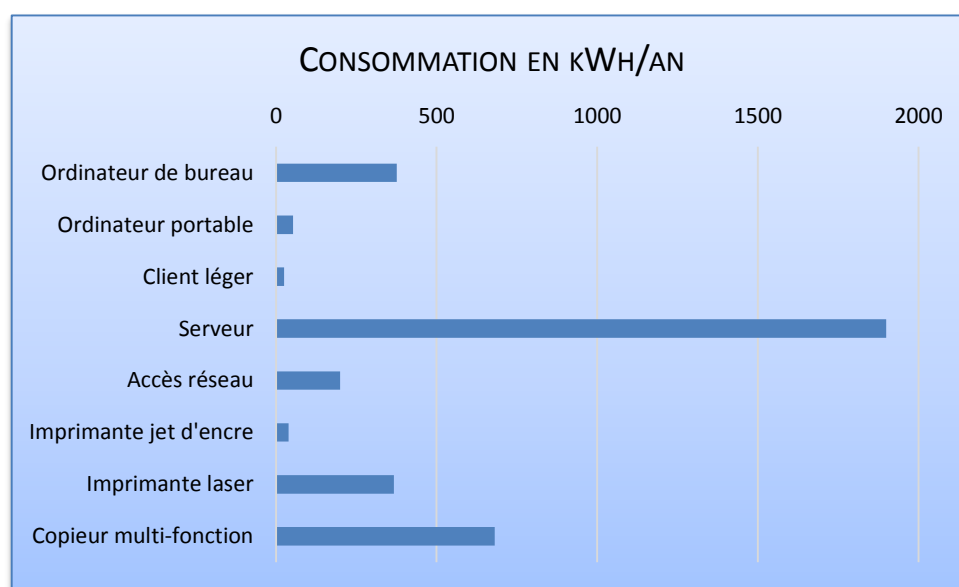


Figure 2 : Consommation en kWh/an des équipements informatiques⁴³

Il a été calculé qu’en France, la consommation totale de toutes les technologies informatiques atteint 4 à 6 % de toute la consommation électrique du pays⁴⁴. Ce rapport est applicable à quasiment tous les pays industrialisés. On calcule ainsi que la facture électrique de l’utilisation d’un ordinateur pendant sa durée de vie jusqu’à son remplacement dépasse

⁴² Graphique adapté de [GREN1]

⁴³ [GREN1]

⁴⁴ [GREN1]

son prix d'achat. Il s'agit, donc, même pour une personne lambda, d'un coût économique et écologique non négligeable.

La problématique est encore plus importante pour les data centers⁴⁵. En effet, ceux-ci représentent à eux seuls 15 % de la consommation électriques des TIC en France⁴⁶. On estime que, comparativement, un data center consomme 50 fois plus d'énergie au m² qu'un bureau classique⁴⁷. L'énergie nécessaire aux data centers et à leur refroidissement représente aux Etats-Unis 1,2 à 1,5 % de la consommation électrique de l'ensemble du pays⁴⁸. Ces chiffres sont d'autant plus importants à considérer que beaucoup d'études considèrent les serveurs qui s'y trouvent comme peu utilisés : 15 % ne serviraient à rien⁴⁹ et pour ceux qui sont utilisés, ils ne seraient utilisés que de 6 à 20 %⁵⁰. Les data centers ne sont pas tous équivalents. En effet, ils sont classés en 4 niveaux, répondant chacun à un niveau d'exigence croissant⁵¹ :

Niveau	Caractéristiques	Disponibilité par an
Niveau I	un seul chemin d'alimentation et de refroidissement	99,67 %
Niveau II	un seul chemin d'alimentation et de refroidissement, mais éléments redondants	99,75 %
Niveau III	alimentation dédoublée, refroidissement unique	99,98 %
Niveau IV	alimentation et refroidissement dédoublés	99,99 %

Les différences de disponibilité justifient-ils suffisamment les différences de traitement et d'alimentation ? Il est probable que dans de nombreux cas, c'est effectivement nécessaire d'avoir un niveau de disponibilité de 99,99 % mais d'autres sociétés ne font-elles pas preuve de trop de prudence face à un besoin de disponibilité effectivement moins fort ? On peut concevoir qu'un système traitant les transactions bancaires, devant être accessible mondialement doit garantir un niveau de service impeccable alors qu'un data center ne nécessitant pas un tel niveau de service devrait se contenter d'un niveau de data center moins haut.

⁴⁵ Centre de données abritant un ensemble de serveurs et de disques, assurant l'infrastructure nécessaire à l'exécution de services informatiques.

⁴⁶ [GREE2]

⁴⁷ [SANG1]

⁴⁸ [SANG1][GUID1]

⁴⁹ [GUID1]

⁵⁰ [GREE1]

⁵¹ [BORD1]

Papier et encre

En moyenne, 14 % des documents imprimés ne sont jamais lus. En France, la consommation moyenne de papier par habitant est trois fois plus importante qu'à l'échelle mondiale⁵². De plus les papiers ainsi imprimés proviennent majoritairement de l'importation. Cela sous-entend qu'en plus du coût écologique de la déforestation, il faut aussi comptabiliser le coût des transports dans la chaîne de comptabilisation du papier. La fabrication même consomme dix fois plus d'énergie que son impression⁵³. En parallèle, on remarque la consommation de papier est facilitée par le fait que beaucoup de sociétés autorisaient encore l'utilisation d'imprimantes personnelles, ce qui a comme conséquence qu'on a beaucoup plus de machines que nécessaire⁵⁴. Au niveau de l'encre, on considère que très peu de cartouches sont recyclées, plus ou moins 15 %⁵⁵. De plus, sur les cartouches mises hors de la circulation, on voit qu'il reste de l'encre résiduelle : 550 tonnes sur les 14 000 tonnes de déchets d'impression⁵⁶.

Déchets électroniques

On constate que seulement 14 % du matériel mis sur le marché est correctement collecté⁵⁷. En ce qui concerne ce traitement des déchets électroniques, on remarque que de nombreuses campagnes sont organisées pour systématiser la collecte et le recyclage des équipements électriques et électroniques, comme les initiatives BEBAT en Belgique. Toutefois, selon les études, 70 % des métaux lourds qui se trouvent dans les décharges américaines sont d'origine électronique, ce qui induit un risque sanitaire. Par contre, le recyclage ou le reconditionnement ne se font pas toujours de façon neutre. En effet, il arrive que des chaînes de reconditionnement conduisent les appareils en Asie, où les risques sur la population sont parfois importants car ce sont des populations ou des décideurs moins conscients ou moins regardants sur les questions de sécurité⁵⁸.

3.2 Logiciel

Comme nous venons de le voir au niveau du matériel et des consommables, au niveau des logiciels aussi, il est question de pouvoir identifier ce qui influence leur empreinte écologique. Nous allons nous heurter dans ce point à un phénomène important de l'informatique d'aujourd'hui, à savoir le bloatware ou obésiciel⁵⁹. Nous verrons ensuite comment, même un « bon » logiciel peut être lourd intrinsèquement, via son langage de programmation ou les algorithmes mis en place dans son code.

⁵² [GUID1]

⁵³ [MITT1]

⁵⁴ [POLI1]

⁵⁵ [GUID1]

⁵⁶ [GUID1]

⁵⁷ [GUID1]

⁵⁸ [GUID1]

⁵⁹ [BLOA1][TONI2]

3.2.1 Bloatware

Le terme d'obésiciel recouvre deux réalités. Premièrement, un obésiciel est un logiciel qui a grandi un peu anarchiquement, en se complexifiant toujours, sans repenser celui-ci. C'est le bloatware dit « entropique »⁶⁰. D'autant plus qu'alors qu'on calculait chaque bit de mémoire utilisé dans les années 70, l'évolution du matériel a fait que la plupart des développeurs ne prennent plus aucune attention aux notions de performance et d'économie de la mémoire⁶¹. Ce phénomène concerne aussi les logiciels de plus en plus gourmands en ressources entre deux versions successives et dont les modifications sont peu ou pas du tout perceptibles par l'utilisateur. Cela concerne de la même façon les logiciels construits brique par brique en mode « quick and dirty », sans refonte ou re-engineering réel⁶², cela engendre une dette technique importante, qui peut se payer un jour⁶³. Une des autres raisons de ce grossissement intempestif des logiciels tient aussi du fait de la demande croissante que les logiciels soient multiplateformes (Windows, Linux, Android, etc.), multi-format (logiciels de traitement de texte qui doivent pouvoir sauver en TXT, DOC, HTML, PDF, etc.).

Deuxièmement, il s'agit aussi des logiciels préinstallés par défaut sur les systèmes, sans qu'ils soient explicitement demandés ou nécessaires, comme Windows ou Internet Explorer sur les nouveaux ordinateurs. Olivier Philippot, membre de la communauté Green Code Lab, les appelle des « bloatwares de parasitage »⁶⁴. Il s'agit nommément, des logiciels constructeurs (Dell, HP, etc.) dont les fonctionnalités sont souvent présentes dans le système d'exploitation, les logiciels offerts en version d'évaluation (comme les anti-virus) et les utilitaires de type barre d'outils qui existent déjà dans les navigateurs. Cela conduit aussi à une mauvaise ou une sous-utilisation de ces logiciels. On considère, comme cela, que 64 % des applications ne sont jamais utilisées⁶⁵ et que, dans ceux qui sont utilisés, 45 % des fonctionnalités ne sont le pas réellement⁶⁶.

3.2.2 Ressources machine

Les développeurs sont en général conscients que tout développement ne vaut pas un autre. Nous allons tenter dans ce point d'objectiver cette idée.

Consommation en fonction du langage de programmation

Nous avons trouvé dans la littérature des études comparatives de langages de programmation. Ces études ont été réalisées en tenant compte de différents paramètres :

⁶⁰ [PHIL8]

⁶¹ [LEDO1]

⁶² [TONI2]

⁶³ Ce fut le cas pour Facebook, développé rapidement en PhP et dont le succès grandissant a forcé la migration vers C++ pour assurer la pérennité. La consommation électrique en a aussi été réduite de moitié. [TONI2]

⁶⁴ [PHIL8]

⁶⁵ [BLOA1]

⁶⁶ [BLOA1]

longueur du code, temps de compilation, taille des exécutables, mémoire utilisée lors de l'exécution et temps de traitement⁶⁷. Voici un comparatif réalisée sur un même algorithme récursif de résolution d'une tour de Hanoi. Pour C et C++, on a effectué la même mesure en modifiant les paramètres de compilation⁶⁸ O2 et O3 qui permettent d'optimiser le code généré.

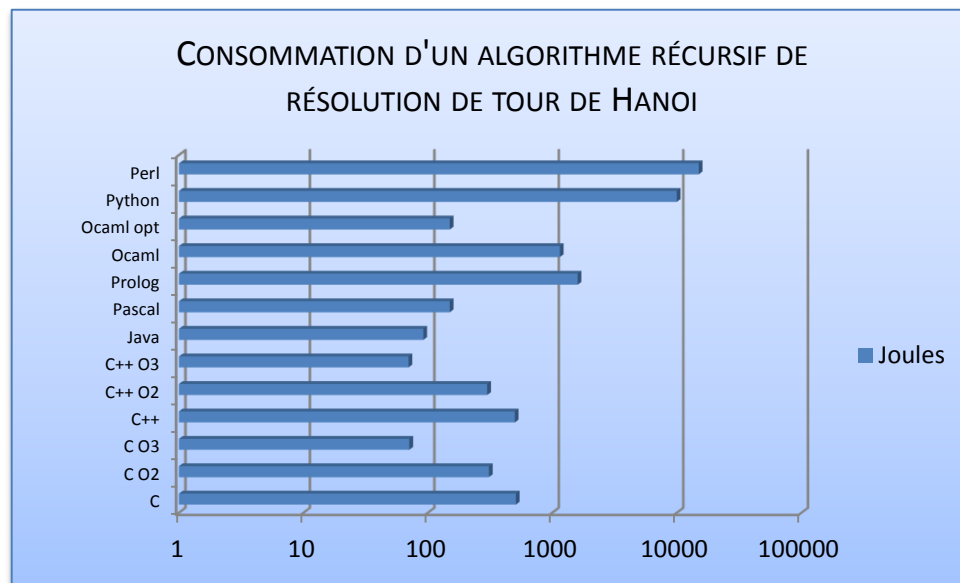


Figure 3 : Consommation d'un algorithme récursif de résolution d'une tour de Hanoi

L'échelle étant logarithmique, on remarque des différences considérables entre langages. Ainsi, entre le moins gourmand, C++ O3 et le plus, Perl, on note un rapport de 70 à 15000 joules pour la même résolution ! On peut donc en conclure que, même pour un algorithme simple, le langage utilisé a une importance primordiale dans la consommation d'un logiciel.

En addition de cette problématique de consommation en fonction du langage, il faut savoir que certains langages permettent des développements plus rapides et donc moins impactant lors de leur conception. Il est cependant bien évident que plus le langage est facile et « all inclusive », moins il est réutilisable. Il est souvent à l'origine d'une dette technique car il ne permet pas de maîtriser tout ce qui pourrait être auto-généré derrière une interface simplifiée. C'est bien le souci d'un ensemble d'applications estampillées « end user computing », développée avec les moyens du bord, sans réflexions et sans structure pensée.

⁶⁷ [CHAI1]

⁶⁸ O1 produit un code plus rapide et plus compact sans augmenter le temps de compilation.

O2 ajoute aux critères pris en compte par O1 la notion de performance du code, sans compromettre la taille.

O3 est encore plus optimisé et minimisant que O2 mais il est beaucoup plus risqué et n'est pas supporté par tous les compilateurs. De surcroit, il provoque parfois des erreurs dans les programmes. [JONE1]

Consommation en fonction du code du logiciel

Comme tout bon programmeur est sensé optimiser son code au maximum, il ne devrait pas être nécessaire de rappeler que deux programmations de la même fonctionnalité n'ont pas le même poids. Dans la même veine que le comparatif précédent, il a été fait l'analyse suivante : on a comparé la programmation de la même tour de Hanoi en récursif et en itératif, avec des niveaux d'optimisation de compilation différents. On remarque logiquement que l'algorithme récursif optimisé en O3 est le plus compétitif⁶⁹.

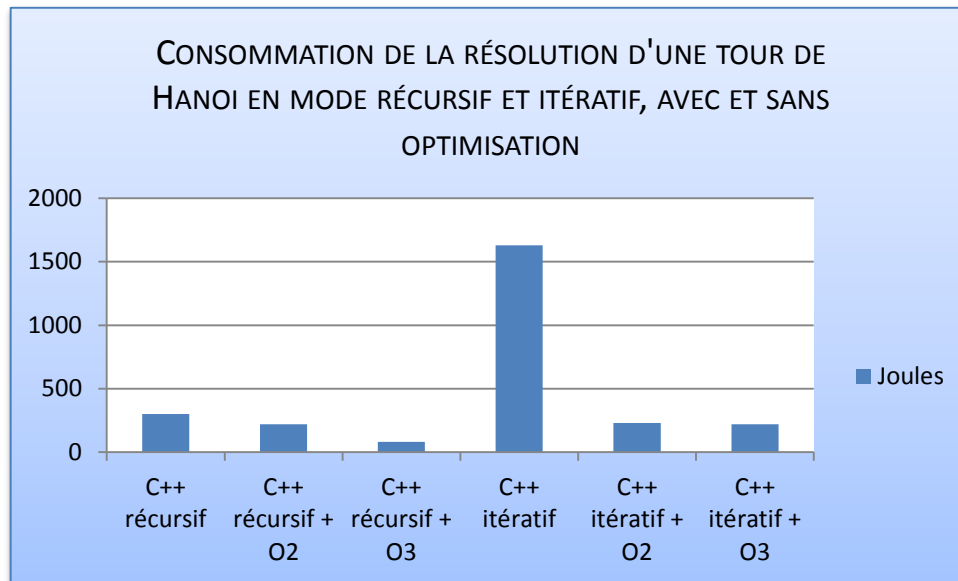


Figure 4 : Consommation de la résolution d'une tour de Hanoi en mode récursif et itératif, avec et sans optimisation⁷⁰

Dans une autre perspective, il est aussi intéressant de comparer le même comportement par deux logiciels sensés offrir les mêmes outils et le même fonctionnement. Ainsi, une équipe de l'université de Trèves a comparé Mozilla Firefox et Internet Explorer⁷¹ pour une consultation simple de Wikipedia (lecture d'une page, clic sur un lien, scroll jusqu'à fin de la deuxième page). Il est intéressant de noter la différence, somme toute relative, entre la consommation CPU totale et la consommation liée directement à l'activité du navigateur.

⁶⁹ [CHAI1]

⁷⁰ Graphique tiré de [KAZA1]

⁷¹ Graphiques tirés de [KERN1]

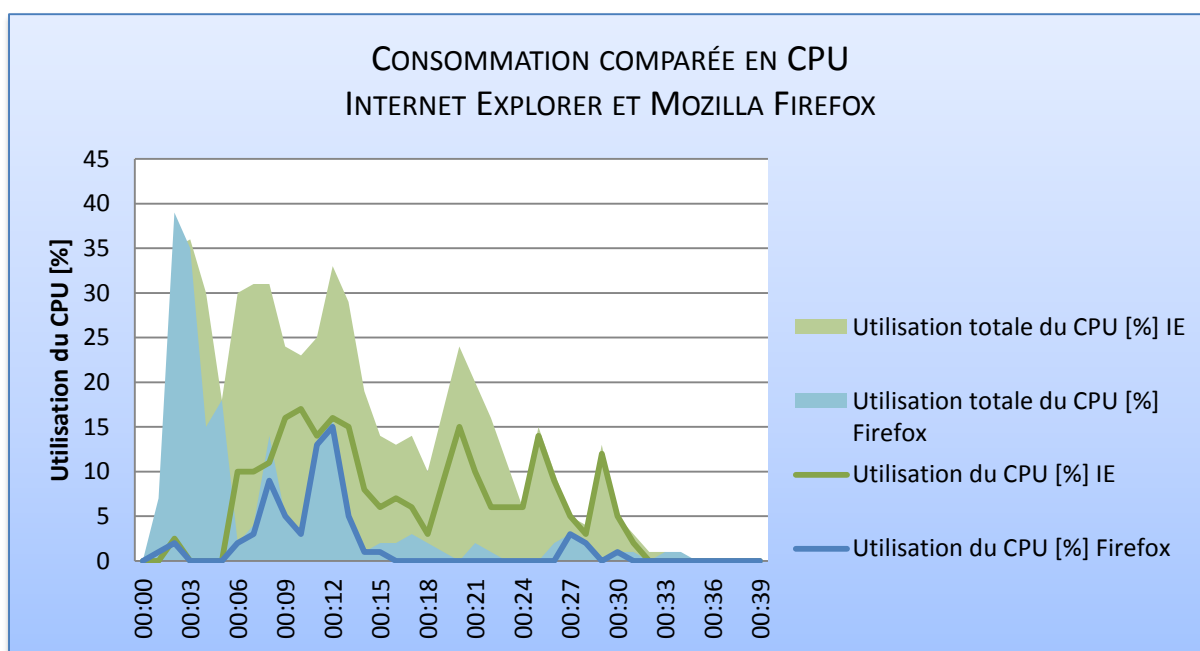


Figure 5 : Consommation comparée en CPU entre Internet Explorer et Mozilla Firefox

Dans ce deuxième graphique, on remarquera qu'en moyenne, Internet Explorer coûte deux fois plus en électricité que Mozilla Firefox.

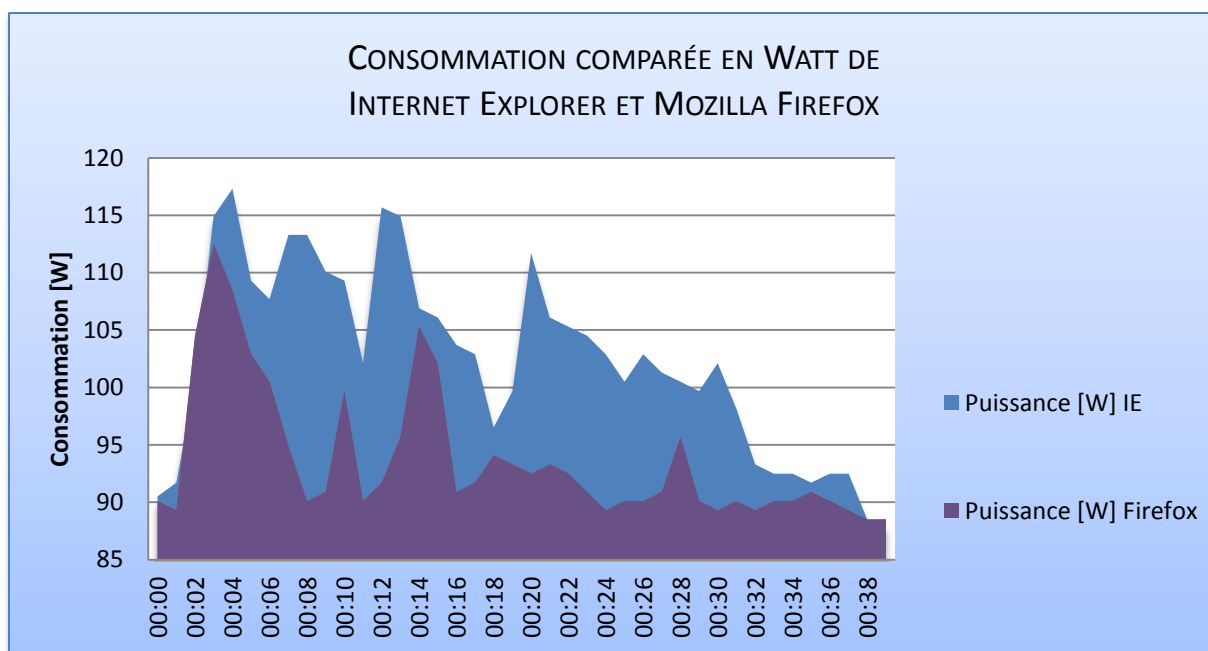


Figure 6 : Consommation comparée en Watt entre Internet Explorer et Mozilla Firefox

Ce genre de calcul est rarement visible quand il s'agit de devoir choisir un logiciel. Les éditeurs ne sont pas enclins à exposer leurs logiciels aux critiques des personnes sensibles à l'empreinte qu'ils produisent.

3.3 Peut-on identifier tous les impacts ?

Nous avons vu dans ce chapitre que de nombreux éléments (matériel, logiciel) peuvent influencer le poids d'une activité humaine liée à l'informatique. Est-il possible de calculer combien nous coûtons à la planète en faisant notre travail de tous les jours ?

La question essentielle qu'il faut se poser est la suivante : où s'arrête-t-on dans l'identification des sources de coût écologique ? En d'autres termes, où s'arrête notre responsabilité propre ? Il serait illusoire de croire qu'on peut tout identifier. Nous allons donc, dans la suite ce mémoire nous focaliser sur ce qu'on peut calculer ou prédire et sur les solutions concrètes qu'on peut y apporter.

4. Calculer son empreinte

Dans ce chapitre, nous verrons qu'il est possible de calculer son empreinte et une fois celle-ci calculée, de prédire son évolution probable.

En première partie, nous verrons quelques modèles de calcul, quelques formules utilisables pour calculer son empreinte. Faute d'avoir le recul nécessaire, il nous sera difficile de juger de la pertinence de ces modèles de calcul. Un des termes les plus souvent utilisés est la « comptabilité carbone »⁷².

En seconde partie, nous montrerons que certaines lois ont été énoncées, permettant d'évaluer l'évolution de son empreinte. Nous verrons aussi que certaines de ces lois commencent déjà à montrer leurs limites.

4.1 Quelques modèles de calcul

Il existe de nombreux sites sur le web permettant de calculer l'empreinte carbone d'une société ou d'une station de travail. Il nous serait impossible de tous les citer ici.

Il existe aussi une grande différence à faire entre procédés : on peut soit réellement calculer sa consommation, soit l'estimer. Les méthodes d'estimations travaillent essentiellement sur les données venues d'échantillons, des données constructeurs déclarées ou des labels. Celles-ci sont définies par catégorie d'équipements et par « état » (veille, fonctionnement,...)⁷³.

L'avantage d'utiliser une méthode de calcul (par estimation ou par calcul réel) a deux avantages : apprécier ce que l'on peut y gagner en termes d'efficacité et de gestion des coûts et permettre de suivre les résultats de toute initiative.

Cependant, nous proposons de montrer les limites de certaines méthodes de calcul. Il en existe dans la littérature qui ne sont pas faciles à utiliser ou à comprendre. Un [exemple](#) se trouve en annexe de ce mémoire.

4.1.1 Les outils existants sur le web

Energy star (www.energystar.org)

Le plus connu est certainement le site correspondant au label Energy star dont nous avons parlé plus haut. Celui-ci permet de mesurer, par type d'équipement de type PC (laptop, desktop, moniteur) et par utilisation, une valeur de consommation électrique.

⁷² [FAIN1]

⁷³ [GREN1]

The Green Grid (www.thegreengrid.org)

Le consortium “the green grid” a pour but de permettre à un certain nombre d'utilisateurs, des grandes entreprises aux plus petites d'adhérer à une charte, permettant de contrôler et de rendre les data centers les plus efficaces possibles.

Ils ont pour cela construit des outils permettant de calculer certains indicateurs de performance énergétique, notamment les PUE et CUE, définis ci-après. Leur mission est orientée majoritairement vers les data centers.

Wattimpact (www.wattimpact.com)

La société Wattimpact propose des certifications des sites internet, en fonction de la consommation d'énergies renouvelables. Wattimpact se compose de 4 fonctionnalités : évaluer en temps réel l'impact énergétique d'un site, prouver une consommation d'énergie renouvelable, privilégier le développement des filières vertes, afficher de manière professionnelle la sensibilité Green IT des sociétés qui l'emploient.

Le site internet de wattimpact permet de certifier un site internet en ligne, directement, en fonction de son adresse et de la fréquentation du site. Le calcul se fait sur base des trois sources principales de consommation d'énergie pour consulter un site internet :

- Serveurs : puissance, taux d'utilisation, consommation électrique, nombre de sites hébergés, nombre de visites
- Réseau : puissance, trafic géré, consommation électrique, bande passante, poids des pages, nombre de routeurs utilisés
- Utilisateurs : puissance, consommation, durée d'affichage, nombre de visites, distance au site

Le calcul effectué ainsi n'a aucune valeur en absolu. Il sert essentiellement à estimer la tendance « verte » ou pas du site mais aussi et surtout à acquérir un point de référence pour des améliorations futures.

PowerAPI ([PowerAPI](#))⁷⁴

L'outil PowerAPI est un API⁷⁵ pouvant être utilisé pour monitorer la consommation en énergie du processeur, du disque dur, du réseau, utilisée par un logiciel, et cela sans matériel supplémentaire (wattmètre, etc.). Il a été développé à l'Université de Lille, dans le cadre du projet ADAM⁷⁶. Il se base sur une architecture modulaire et event-driven. Il est utilisable en projet Jar⁷⁷.

⁷⁴ [BOUR1]

⁷⁵ Application Programming Interface : ensemble de classes ou de méthodes offertes dans une bibliothèque, pouvant être utilisées dans d'autres programmes.

⁷⁶ Projet spécialisé dans l'étude de la consommation des logiciels, en partenariat entre l'Université de Lille et l'Inria (centre public spécialisé dans la recherche scientifique et technologique).

⁷⁷ Archive Java, comprenant les définitions des classes et de leurs métadonnées, constituant un programme.

4.1.2 Les outils matériels

Deux outils de monitoring de la consommation électrique sont le plus souvent indiqués dans la littérature pour calculer réellement sa consommation.

Le wattmètre

Utilisable de façon domestique, le wattmètre est un appareil se branchant entre l'appareil ou l'ensemble d'appareils dont l'on veut mesurer la consommation et la prise de courant. Dans certains cas, il permet aussi de contrôler à distance cette consommation, voire de la couper en cas de nécessité. L'avantage principal du wattmètre est son coût relativement faible. Son principal désavantage est qu'il ne permet pas de distinguer, sauf moyennant manipulation manuelle, la consommation de chaque appareil qui passe par lui.

Les analyseurs de puissance multicanaux⁷⁸

Cet outil sert à collecter toutes les données pour les transmettre à des logiciels de mesure. Il est souvent utilisé à grande échelle pour une entreprise car il n'est pas toujours évident ou utile d'installer soi-même ce genre d'outil. L'installation, la maintenance et la définition de solutions de réduction de la consommation sont souvent confiées à des sociétés spécialisées dans l'audit énergétique.

4.1.3 Les audits énergétiques et d'empreinte carbone

Lorsqu'une entreprise décide de prendre en main son empreinte carbone, il est souvent d'usage de faire appel à des spécialistes qui vont réaliser un audit énergétique, de façon, en principe, indépendante.

Diagnostic

La première étape, pour tout audit énergétique, est bien entendu d'effectuer un diagnostic de la situation. L'audit va se dérouler en plusieurs étapes :

- Recension des équipements (PC, moniteurs, serveurs, téléphonie, éclairage,...)
- Recension des méthodes de chauffage/climatisation
- Recension des méthodes d'alimentation électrique (fournisseurs, source de l'électricité,...)
- Etude de la politique d'utilisation des consommables et de leur recyclage (papier, encre,...)
- Etude du mode de fonctionnement de l'entreprise (règlement de travail concernant horaires de travail, télétravail,...)
- Recension des modes de transport⁷⁹ (camions, voitures de service, voitures de fonction,...)

⁷⁸ [GREN1]

⁷⁹ [FAIN1]

- Impact des matières premières⁸⁰ et de la façon dont on se les fournit
- Gestion des eaux usées⁸¹

Les données sont alors compilées et transcrites dans un rapport à l'entreprise.

Recommandations

Le rapport s'accompagne généralement d'un ensemble de recommandations spécifiques aux problèmes découverts et aux améliorations possibles, si le résultat ne montre pas de « problème » flagrant.

Ces recommandations peuvent être de plusieurs types :

- Matériels/ Logiciels : proposition de remplacement de matériel, paramétrage plus sévère des modes de veille ou d'hibernation,...
- Organisationnels : conscientisation du personnel à certains changements de comportement, permettant de réduire les impacts de la société qui sont souvent indépendant de sa propre volonté (réduction des impressions, extinction des PC la nuit,...)
- Commerciaux : recommandation de changement de fournisseur d'énergie pour un autre, qui fournit de l'énergie verte

Les recommandations peuvent être nombreuses et la société n'a peut-être pas la main ou les possibilités financières sur tous les éléments recommandés par l'audit. Il s'ensuivra alors une priorisation des actions à mener, via une estimation coûts/bénéfices.

Suivi

Toute mesure prise pour réduire son empreinte doit, dans la mesure du possible, être suivie d'un monitoring permettant de calculer si celle-ci a vraiment diminué l'empreinte de la société. Tout d'abord, ce suivi est nécessaire pour évaluer si le business case avait été correctement calculé et ensuite, pour éventuellement revoir la priorisation d'autres actions. Tout comme on ne fait pas régime sans se peser régulièrement, il convient de remesurer à intervalle régulier si les bénéfices apportés par une action sont toujours bien présents et s'ils n'ont pas fondu avec les évolutions postérieures de la société.

En effet, réduction des coûts peut rimer avec nouvel investissement, qui, s'il n'est pas fait dans l'esprit préconisé par l'audit, peut ruiner complètement ses bénéfices. Ainsi, afin que le business case se réalise le plus réellement possible, le suivi est donc nécessaire pour minimiser les risques de devoir tout recommencer.

⁸⁰ [FAIN1]

⁸¹ [FAIN1]

4.1.4 Indicateurs environnementaux et standards

Power Usage Effectiveness (PUE) (indicateur d'efficacité énergétique)⁸²

Cet indicateur est le ratio de l'énergie totale consommée par un data center, divisé par l'énergie effectivement utilisée par les équipements informatiques.

$$\text{PUE} = \frac{\text{Energie totale consommée (en kWh)}}{\text{Énergie consommée par les équipements informatiques (en kWh)}}$$

Le PUE a un taux idéal de 1⁸³, à savoir que toute l'énergie consommée est uniquement dévolue aux équipements informatiques et pas aux autres systèmes (refroidissement et autres).

Cet indicateur est quasiment limitatif aux data centers car la vocation de ces centres n'a d'autre but que celui informatique. Dans un contexte d'entreprise plus générale, celui-ci a beaucoup moins de sens et est beaucoup moins parlant car sa valeur ne serait pas pertinente. En effet, savoir que le PUE est de 20 (sur 100 kWh consommées, 5 sont consommés par les équipements informatiques) dans une entreprise n'est pas significatif car il est difficile de savoir quelle portion devrait effectivement être utilisée par l'IT. Dans un data center idéal, par contre, 100 % de l'énergie devrait être utilisée par l'IT, d'où le ratio « parfait » de 1.

De plus, il est difficile de comparer dans l'absolu deux PUE de deux data centers distincts car d'autres paramètres que ceux utilisés entrent en compte dans les données interprétées dans la formule. En effet, à équipement identique, le PUE d'un data center d'un pays et celui d'un pays chaud ne sera pas le même car les besoins en refroidissement ne sont pas les mêmes. Un autre paramètre permettant d'influencer le PUE est aussi le type de disponibilité à laquelle le data center est engagé⁸⁴. Le taux de charge de la salle est le troisième élément qui conditionne fortement la valeur du PUE. On ne peut donc pas comparer deux PUE sans tenir compte de ces trois données supplémentaires. Un PUE doit donc surtout être « étudié » et évalué dans son propre contexte⁸⁵.

On ne doit donc pas jeter le PUE comme moyen d'évaluer l'impact environnemental d'un data center mais s'en servir comme levier d'amélioration. Il ne doit pas être le seul but à atteindre car il risquerait de s'ensuivre des effets potentiellement désastreux comme, par exemple, la diminution du taux de disponibilité car on a éteint la climatisation la nuit et que les serveurs sont en surchauffe [PUÉE1].

⁸² [BORD3], [GREE1]

⁸³ [BELA1]

⁸⁴ La définition de ces différents niveaux de disponibilité est définie plus haut, dans le chapitre 3.

⁸⁵ [PUÉE1]

Carbon Usage Effectiveness (CUE) (indicateur d'efficacité carbone)⁸⁶

Cet indicateur indique la part d'énergie verte consommée par un centre informatique. Il a été défini par le consortium « The Green Grid », comme le PUE, à destination presque exclusive des data centers.

$$\text{CUE} = \frac{\text{Total des émissions d'équivalent CO}_2 \text{ (en Kg CO}_2 \text{ équivalents)}}{\text{Energie totale consommée (en kWh)}}$$

L'unité du CUE est donc le Kg CO₂ par kWh. La valeur idéale est de 0. En effet, l'idéal est que l'énergie consommée par le data center n'émette aucun CO₂.

L'avantage de cet indicateur, par rapport au PUE, est qu'il est plus généralisable et de plus, prend en compte l'origine de l'énergie consommée, à savoir s'il s'agit d'énergie verte garantie par un fournisseur ou d'énergie produite soi-même grâce à des éoliennes ou des panneaux solaires par exemple.

L'importance de cette métrique est mise en évidence que toute énergie n'a pas la même empreinte. Cet indicateur est donc complémentaire au PUE car il prend en compte la source de l'énergie, ce que le PUE ne fait pas.

Green Energy Coefficient (GEC) (coefficient d'énergie verte)⁸⁷

Cet indicateur, lui aussi émis par « The Green Grid », indique la part d'énergie verte consommée par un centre informatique.

$$\text{GEC} = \frac{\text{Energie consommée ayant pour origine des sources renouvelables}}{\text{Energie totale consommée}}$$

Le ratio idéal pour cette métrique est lui aussi de 1. En effet, la situation idéale est que toute l'énergie consommée provienne d'énergie verte.

L'avantage principal de cet indicateur est qu'il tient compte, comme le CUE, de l'origine de l'énergie consommée.

Greenhouse Gas Protocol (GHG)(Protocole des gaz à effet de serre)⁸⁸

Ce standard est international et couvert par une norme ISO : la norme ISO 14064 de 2006. C'est le plus largement utilisé pour comprendre, quantifier et gérer les émissions des GES. Il est composé de deux parties : comptabilité et reporting d'une part, évaluation des initiatives de réduction des GES d'autre part. En France, ce standard a été utilisé pour implémenter la méthode du « Bilan Carbone », conçu dans le cadre de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

⁸⁶ [BELA1]

⁸⁷ [POST1], [BELA1]

⁸⁸ [FAIN1]

La norme ISO utilisée comporte trois axes :

- Sources d'émission liées aux biens de l'entreprise, ainsi que les sources mobiles
- Sources d'émission liées à la consommation d'énergie de ces biens
- Sources de GES autres que celles des deux premiers axes, mais listées par le protocole de Kyoto.

4.1.5 Analyse du cycle de vie (ACV)

Quand on parle d'analyse du cycle de vie, on parle couramment du matériel. C'est quasiment le seul usage de ce terme qui se fait dans la littérature. Dans ce point, nous verrons qu'il est possible d'effectuer le même procédé sur les données matérielles et immatérielles d'un logiciel.

Matériel

La démarche la plus couramment mise en place dans les entreprises est celle qui consiste à effectuer une analyse du cycle de vie de son matériel, depuis sa production jusqu'à son recyclage. Ceci inclut la vérification des éléments suivants :

- la production la plus écoresponsable possible, notamment via les labels et les certifications existants
- l'utilisation du matériel en respect des recommandations connues dans la littérature et sur le marché
- l'utilisation des consommables (papier, encre, etc.)
- la gestion correcte des DEEE⁸⁹ (recyclage, etc.)

La démarche de l'analyse du cycle de vie a bien-sûr, un rayon beaucoup plus grand que celui de l'IT pure. Cette analyse peut évidemment, être effectuée aussi pour les autres équipements électriques (machines-outils, véhicules, etc.).

Il existe aujourd'hui des classements des sociétés sur le marché en fonction du cycle de vie des équipements qu'ils produisent. Ces classements ont pour but de sensibiliser le grand public contre les pratiques de certaines sociétés. Nous donnerons ici en exemple le classement effectué par Greenpeace. Celui-ci est réévalué chaque année en fonction de l'évolution vers des façons beaucoup plus vertes de produire, d'entretenir (réparation, garantie, etc.) et de traiter les déchets. L'ensemble des impacts à chaque étape du cycle peut être résumé dans un schéma. Celui-ci se trouve en annexe de ce travail.

L'évaluation des points attribués à chaque entreprise est réalisée sur trois grands axes⁹⁰ :

- Consommation énergétique, à la production et dans la vie opérationnelle de l'entreprise

⁸⁹ Déchets d'équipements électriques et électroniques

⁹⁰ [GUID2]

- Production des équipements, en respect avec les quantités recommandées de matière dangereuses, ainsi que la façon dont les matières premières sont achetées (exploitation équitable, etc.)
- Gestion opérationnelle des consommables, comme le papier, les résidus chimiques et la gestion des déchets pour les pays où il n'y a pas de loi ou d'organisation concernant la collection des DEEE

Cette illustration est tirée de leur rapport annuel⁹¹.

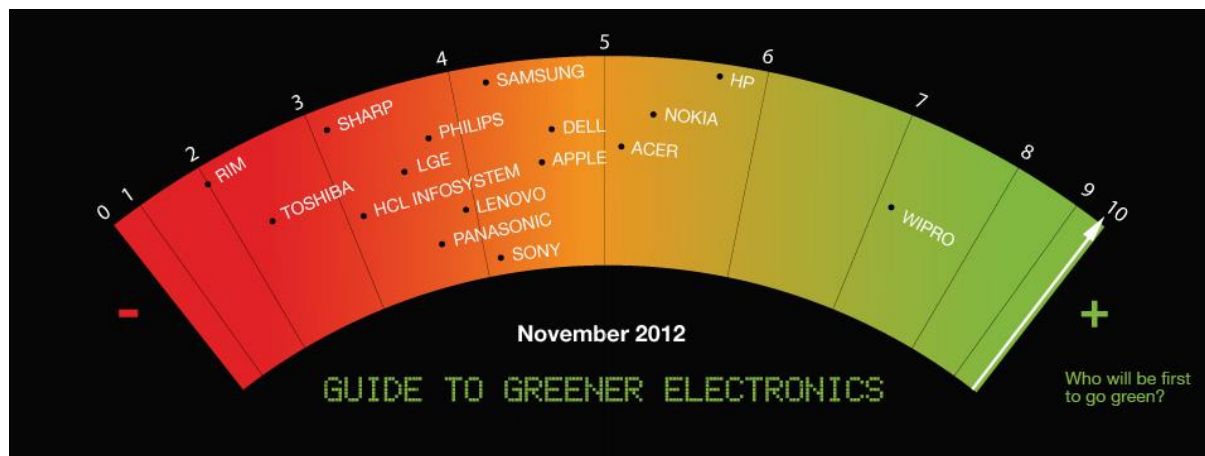


Figure 7 : Classement des entreprises IT selon Greenpeace

Comme toute étude menée par une organisation comme Greenpeace, souvent décriée dans ses actions, celle-ci est à prendre avec précaution. En effet, la société classée numéro 1 WIPRO n'est pas une société de production d'équipements électroniques mais une société de services. Celle-ci se distingue par ses implications dans la mise en place d'une politique correcte de réduction des GES mais aussi parce qu'elle a le système de collecte des DEEE « le plus performant... d'Inde »⁹², ce qui n'est pas forcément une référence pour les pays occidentaux. Les critères ainsi pris en compte à l'échelle mondiale semblent parfois dérisoires. Toutefois, comme tout baromètre, ils permettent de créer une envie de faire mieux au sein des sociétés mal classées.

Logiciel

Dans la littérature consacrée au Green IT, il est rarement fait état de l'analyse que l'on peut faire du cycle de vie d'un logiciel. Pourtant, celui-ci répond aux mêmes règles que n'importe quelle autre source.

⁹¹ [GUID2]

⁹² [BORD13]

Le cycle de vie d'un logiciel a plusieurs étapes, illustrées ci-dessous⁹³ :

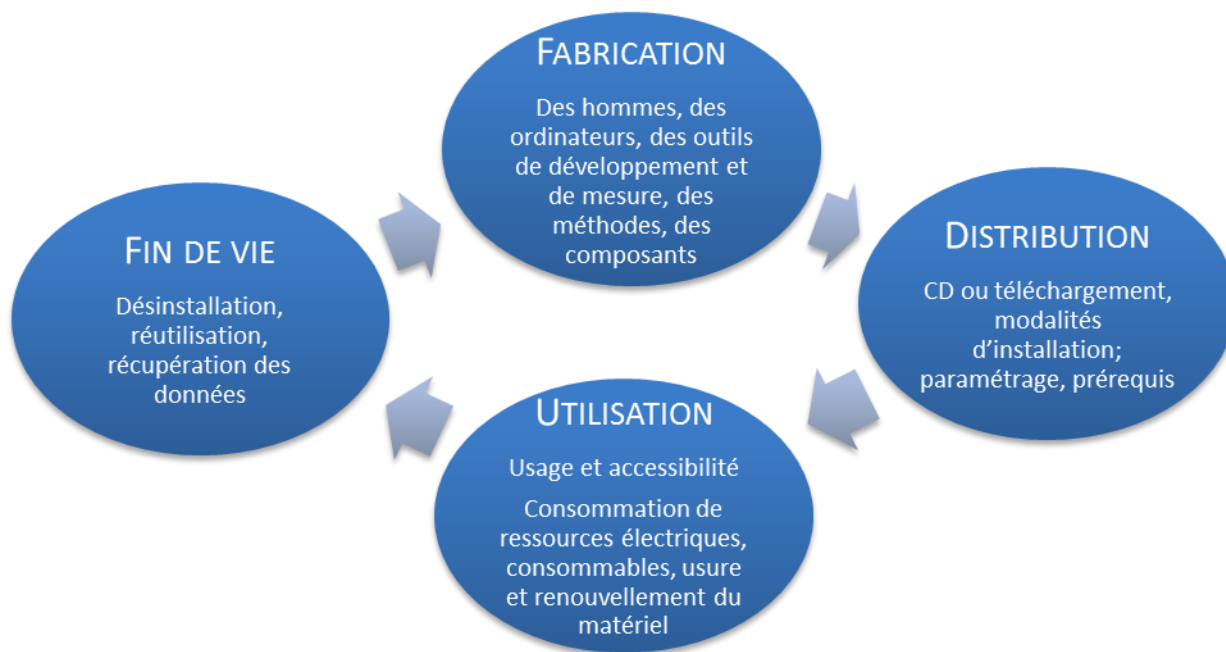


Figure 8 : Analyse du cycle de vie d'un logiciel

Les quatre étapes portent en elles un coût énergétique et écologique à mettre en perspective dans le cadre d'une analyse de l'empreinte d'une société et de son matériel. Prenons un exemple basé sur des données fictives :

Paramètres	Logiciel 1	Poids CO ₂ eq	Logiciel 2	Poids CO ₂ eq
Lieu de production	Chine ⁹⁴	--	Islande ⁹⁵	++
Support de distribution	CD ⁹⁶	-	Téléchargement	+
Prérequis	Windows 8	-	Windows 2000 ou plus récent	+
Nombre d'utilisateurs	100 en Europe	--	10 000 000 dans le monde	++
Consommation électrique à l'utilisation	10 kWh	--	1 kWh	++

Ainsi, par cet exemple simple, on peut voir que deux logiciels n'ont pas la même empreinte. Toutefois, il faut mettre en lumière la difficulté de juger de certains paramètres. Ainsi, on peut considérer qu'un logiciel comme le logiciel 1 illustré ci-dessus a peu de chance d'exister, vu son faible coût de revient par rapport à ses coûts de production, sauf si celui-ci

⁹³ Graphique adapté de [PHIL8]. La suite de ce point est inspirée par les réflexions du même ouvrage.

⁹⁴ Pays avec une majorité d'énergie d'origine fossile (charbon). Les produits chinois sont à considérer comme 10 % plus carbonés que ceux produits en Europe de l'Ouest [GUID1].

⁹⁵ Pays avec une minorité d'énergie d'origine fossile (géothermal et hydro-énergie).

⁹⁶ Acheminé par air, terre ou mer.

affiche un prix justifiant son caractère crucial. Il faudrait que ce logiciel soit le seul sur le marché et qu'il soit irremplaçable.

De la même façon, un logiciel ne pourra afficher une empreinte écologique intéressante que s'il est développé et déployé dans un environnement où le matériel suit un cycle de vie respectueux des critères couramment acceptés pour un développement durable (économie d'énergie, durée de vie des équipements de développement, conditions de travail correctes,...).

Pour ce qui est de la distribution, le nombre d'utilisateurs visés et la façon dont le logiciel répond et correspond le plus parfaitement possible aux attentes des utilisateurs influencent considérablement son empreinte. En effet, il est évident qu'un logiciel déployé dans une entreprise et où il n'est pas possible de l'adapter aux besoins précis risque, à terme, de polluer des systèmes et des ordinateurs souvent déjà surchargés. Il est donc important que les logiciels les plus complexes soient modulables et paramétrables.

Dans le cadre de son utilisation, il faut tenir compte des éléments de consommation d'un logiciel : sa consommation électrique, l'usure qu'il occasionne sur le matériel (utilisation de la mémoire, du disque dur, etc.), l'utilisation des consommables comme le papier par exemple. Pour pouvoir juger de tous ces éléments lors de l'achat d'un logiciel, on doit pouvoir compter sur une transparence certaine des coûts d'utilisation et de maintenance, ainsi que sur l'architecture – modulaire ou non – et les possibilités de nettoyage (exemple pour un navigateur web : options de nettoyage de l'historique et des données en cache).

Quant à la fin de vie du logiciel, il est primordial de prendre en compte les données relatives à la mise à jour (patches de sécurité, etc.) ou la désinstallation des logiciels. Ainsi, la mise à jour doit être, pour être la plus écologique possible, facultative et non liée au matériel ou au système d'exploitation. Le code doit être réutilisable et documenté pour qu'il puisse évoluer par la suite. La désinstallation ou la fin de service volontaire de la part de l'utilisateur doit se faire, autant que faire se peut, « sans contrepartie financière dissuasive »⁹⁷.

Il est évident que, dans la plupart des cas, l'utilisation d'un logiciel sur un matériel coûteux « écologiquement » parlant est forcément plus lourde que sa production. Cette logique est un corollaire au fait qu'à l'heure actuelle, les logiciels sont faits pour être déployés et accessibles à large échelle. C'est pour cela que cette ACV du logiciel n'a pas souvent lieu et lieu d'être car elle peut être marginale dans les coûts environnementaux, sociaux et économiques d'une société.

Quelles que soient les analyses effectuées au niveau du matériel ou du logiciel, il est cependant intéressant, une fois un coût calculé de pouvoir prédire son évolution, pour cela, quelques lois existent. C'est le sujet du point suivant.

⁹⁷ [PHIL8]

4.2 Quelques lois

4.2.1 Loi de Moore

Origines

Gordon Moore, un des fondateurs d'Intel, a énoncé, très tôt dans l'histoire de l'informatique, en 1965, un « postulat », que l'on appelle « loi » par extension. Cette loi, à l'origine, était basée uniquement sur l'évolution de la complexité des semi-conducteurs. Moore avait remarqué que celle-ci doublait, à coût constant, tous les ans. Cela a été la « première » loi de Moore⁹⁸.

Gordon Moore a, dix ans plus tard, revu légèrement sa loi, en se basant non plus sur les semi-conducteurs mais sur le nombre de transistors sur une puce. Celui-ci doublait tous les deux ans⁹⁹.

Cette « seconde » loi de Moore s'est vérifiée depuis cette époque avec toutes les évolutions futures des processeurs, notamment de la mémoire des ordinateurs¹⁰⁰ :

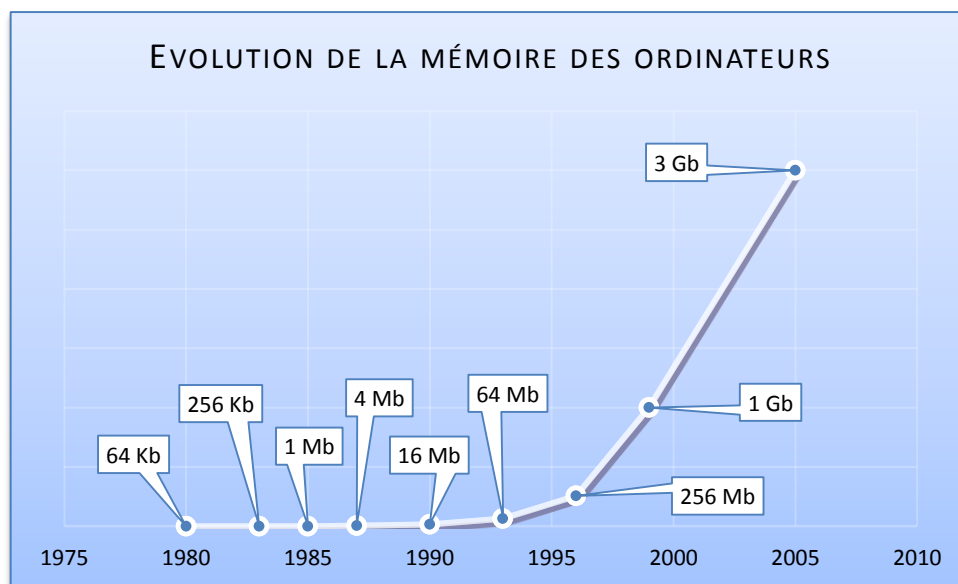


Figure 9 : Evolution de la mémoire des ordinateurs

⁹⁸ [LOID1]

⁹⁹ [LOID1]

¹⁰⁰ [BELL1]

Un autre exemple de la loi de Moore est aussi visible dans les besoins des logiciels en termes d'infrastructure¹⁰¹ :

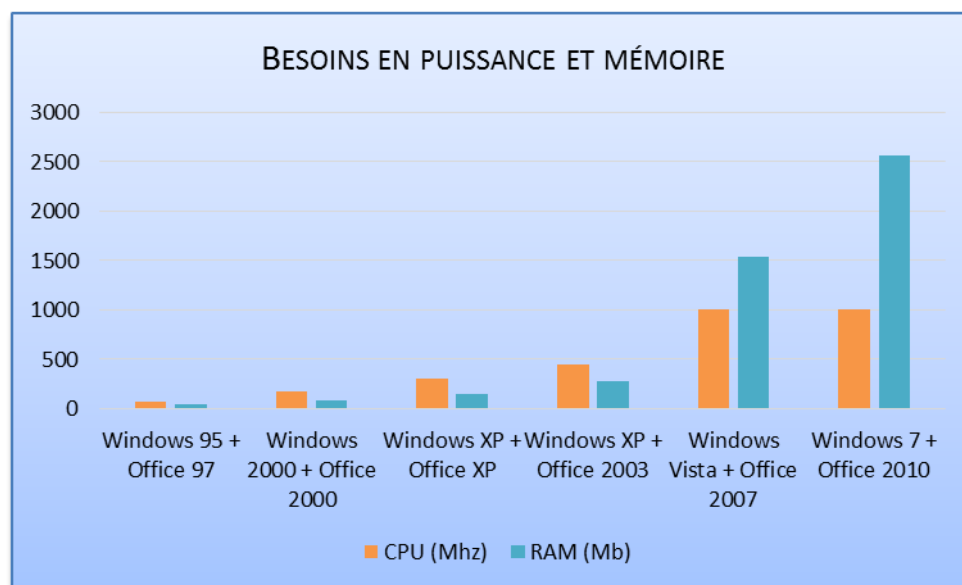


Figure 10 : Besoins en puissance et mémoire

La loi de Moore est, selon ses propres dires, auto-réalisatrice. En effet, même si on assistait à un ralentissement de la croissance des processeurs, le milieu informatique a été confronté à l'arrivée des processeurs multi-core. Le milieu des constructeurs a « profité » de cette loi pour pousser le développement de technologies plus novatrices, permettant d'atteindre les objectifs de la loi¹⁰².

Extension

La loi de Moore, ainsi, a été « corrigée », en fonction de la réelle augmentation, passant du délai de un an originellement défini, à dix-huit mois et ensuite deux ans. En fait, la loi de Moore définit simplement une croissance exponentielle. Moore se moque lui-même de cela en disant qu'il a « inventé l'exponentielle »¹⁰³.

Limites

La loi de Moore n'est pas non plus éternelle car malgré le fait qu'on peut retarder une exponentielle, elle finira par s'arrêter, sous le simple fait qu'il s'agit ici d'éléments matériels, si l'on considère la technologie actuelle des processeurs et autres composants électroniques¹⁰⁴. Par contre, le jour où celle-ci s'arrêtera, une autre exponentielle commencera dans une autre technologie (nanotechnologie, 3^e dimension ou autres).

¹⁰¹ [GUID1]

¹⁰² [PHIL1]

¹⁰³ [PIGU1]

¹⁰⁴ On arrivera alors à saturation.

4.2.2 Loi de Koomey

Celle-ci est le corollaire « écologique » de la loi de Moore. En effet, tandis que la loi de Moore est une loi indiquant que toute évolution dans le domaine informatique est poussée à croître de manière exponentielle, la loi de Koomey nous indique que le nombre de calculs par kWh double tous les 18 mois¹⁰⁵. Ainsi, d'un point de vue énergétique, les processeurs sont deux fois plus efficaces tous les 18 mois. La croissance exponentielle de la puissance des processeurs est ainsi accompagnée d'une croissance exponentielle de leur efficacité.

4.2.3 Lois de Lehman

Le professeur Meir Manny Lehman¹⁰⁶, a émis toute une série de lois informatiques, entre 1964 et 1996. Prenons les trois lois¹⁰⁷ qui influencent le plus les phénomènes que nous avons identifiés dans le chapitre précédent¹⁰⁸ :

- Modifications perpétuelles : un logiciel doit toujours être adapté au goût du jour ou à l'évolution constante de l'informatique, sous peine de devenir de moins en moins utile et utilisé
- Complexité croissante : la structure d'un logiciel, à mesure que celui-ci grandit, se complexifie de plus en plus
- Continuelle augmentation : un utilisateur ne se satisfait pas de la stagnation du contenu d'un logiciel. Il attend de celui-ci que le nombre ou la qualité des fonctionnalités augmente.

Ainsi, on remarque que, même d'un point de vue logiciel, la loi de Moore, dans le sens d'augmentation exponentielle, a encore de beaux jours devant elle.

4.3 Peut-on réellement calculer son empreinte ?

Nous avons vu dans ce chapitre que beaucoup de méthodes, indicateurs et autres modèles existent pour calculer soit son empreinte carbone, soit sa consommation énergétique, soit l'ensemble de tout ce qui touche de près ou de loin à l'impact qu'une société peut avoir sur les autres et sur l'environnement.

¹⁰⁵ [PHIL1]

¹⁰⁶ Imperial College of Science and Technology de Londres [RETA1].

¹⁰⁷ Autres lois de Lehman [FOUR1][RETA1] :

- Loi d'évolution des gros logiciels : la durée d'évolution entre deux versions de logiciel est toujours croissante (exemple : une version d'Office tous les trois ans)
- Loi de la stabilité organisationnelle : sur la durée de vie d'un logiciel, le taux de modifications est constant, quel que soit l'investissement
- Loi de conservation de la familiarité : les modifications incrémentales d'un logiciel sont constantes durant sa vie
- Loi de la qualité déclinante : la qualité d'un logiciel diminue toujours, sauf si on l'adapte rigoureusement pour faire face aux évolutions

¹⁰⁸ [PHIL1]

Il est évident que « LA » méthode n'existe pas et qu'il faut conjuguer une partie de toutes ces techniques pour arriver à un résultat suffisamment satisfaisant, complet et utile.

Beaucoup de sociétés négligent de faire ce travail car il est vrai que le ROI¹⁰⁹ n'est pas toujours évident¹¹⁰. En effet, si 75 % des entreprises avouent se préoccuper de leur éco-responsabilité, seulement 26 % indiquent procéder à la mesure de leur empreinte écologique¹¹¹. N'étant pas convaincus ou obligés d'effectuer un audit de leurs installations et comportements, certains dirigeants n'estiment ni utile ni nécessaire de prendre la peine de demander un audit complet de leur profil, si ce n'est pour la partie énergétique et finalement commercialement intéressante de celle-ci. Réduire les coûts, oui ! Mais a-t-on besoin de savoir quelle part d'énergie verte est utilisée ?

Malgré cela, dans le chapitre suivant, nous verrons quels sont les moyens à mettre en place pour quand même réduire non seulement les coûts mais aussi l'empreinte que chacun a sur son prochain et sur notre monde.

¹⁰⁹ Return on investment

¹¹⁰ [FAIN1]

¹¹¹ [GREE5]

5. Réduire son empreinte

Comme nous avons vu dans les deux précédents chapitres, il est parfaitement possible d'identifier et de calculer son empreinte énergétique. Cela ne peut jamais être complet et exact à cent pourcents mais on peut toujours avoir une bonne idée de ce qui coûte réellement dans une entreprise. Ces deux premiers points font partie de la démarche de conscientisation mais aussi un premier pas vers l'évolution. En effet, si on ne se rend pas compte d'un problème ou d'une faille, on ne peut pas y remédier. Ces phases de diagnostic sont donc indispensables pour pouvoir proposer un traitement adéquat.

Dans ce chapitre, nous aborderons, par type d'initiative, ce qu'on peut faire dans le cadre d'une démarche Green IT. Nous aborderons donc les pistes vers lesquelles on va se diriger. Ensuite, nous parlerons des différents incitants qui existent pour pousser les sociétés à faire du Green IT une démarche qui fait partie intégrante de leur vie. Dans un dernier point, nous essaierons de fixer une ligne de conduite (guideline) en fonction des moyens qu'a une entreprise. Nous positionnerons ainsi les différentes options sur un « Magic Quadrant », comme Gartner en propose¹¹², en fonction d'axes faisabilité et gain sur l'empreinte.

5.1 Les pistes

Nous avons adopté une découpe de ce point en fonction des différentes composantes qu'elles touchent, au niveau de l'infrastructure elle-même, du matériel et du logiciel. Nous terminerons par les initiatives plus complexes qui associent souvent le matériel et le logiciel.

5.1.1 Infrastructure¹¹³ et organisation

Fournisseur d'énergie

Au niveau des infrastructures, la manière la plus facile de réduire son empreinte carbone est évidemment de se tourner vers un fournisseur d'énergie verte, à savoir que la source de cette énergie est renouvelable¹¹⁴. Nous parlons alors de l'énergie éolienne, solaire, photovoltaïque ou encore hydroélectrique.

Il est évident que ces fournisseurs doivent pouvoir fournir la preuve que leur énergie est traçable. L'Union Européenne a d'ailleurs émis une certification officielle garantissant que l'énergie est bien issue de ressources non fossiles et qu'elle est neutre en CO₂. Il s'agit de la « garantie d'origine »¹¹⁵, régie par la directive européenne 2009/28/CE.

¹¹² www.gartner.com/technology/research/methodologies/research_mq.jsp

¹¹³ Bâtiments et alimentation électrique.

¹¹⁴ [GUID1]

¹¹⁵ [ENER1]

Localisation/auto-énergie

De nombreuses sociétés ont pris le pari d'installer, dans la mesure du possible, leurs activités dans des lieux permettant une auto-alimentation, sans avoir recours à un fournisseur d'énergie ou du moins, uniquement en complément. Le point négatif est qu'il arrive que ce genre de localisation vienne se greffer sur un environnement fragile ou protégé¹¹⁶. De nombreux exemples existent :

- GreenQloud (société de cloud computing) a installé ses bureaux en Islande où toute l'énergie est d'origine géothermale et hydroélectrique¹¹⁷
- Les institutions bancaires HSBC ont installé leur plus gros data center aux abords des chutes du Niagara pour profiter de leur force hydroélectrique¹¹⁸
- Microsoft s'est installé au bord du Potomac à Washington¹¹⁹
- Google s'est installé là où la rivière Columbia passe en Oregon¹²⁰

Il est évident que pour des sociétés de moindre importance, il n'est pas toujours aisé de délocaliser vers des zones plus propices à s'autoalimenter électriquement. Cependant, des initiatives plus abordables sont possibles comme l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures ou encore installer une éolienne, comme la firme Colruyt à Hal. Celle-ci a même transformé ce qui n'était qu'une activité secondaire du groupe en une filiale d'énergie verte, disponible pour les partenaires internes¹²¹.

Niveau de disponibilité des data centers

En ce qui concerne les data centers, il est aussi possible de jouer sur les niveaux de disponibilité attendus. En effet, comme nous l'avons vu plus haut, plus le niveau est haut, plus les installations sont importantes et consommatrices car elles doivent être en permanence opérationnelles, ou du moins, en stand-by. Il est même possible qu'un second site soit plus profitable en tant que DRP¹²².

Organisation interne des entreprises

Pour lutter contre l'inadéquation entre les besoins des utilisateurs et ce qui est installé sur leurs machines, il faut travailler sur la collaboration entre les équipes qui gèrent l'infrastructure, notamment des data centers, et les besoins réels¹²³. Le fossé entre ces deux équipes se trouve dans la plupart des grandes sociétés. Cela se traduit par des mécompréhensions et des différences entre les besoins et la réalité. C'est un des cas du bloatware où les équipes d'infrastructure peuvent avoir installé trop ou trop peu de logiciels

¹¹⁶ [BALI1]

¹¹⁷ [FOST1]

¹¹⁸ [SANG1]

¹¹⁹ [SANG1]

¹²⁰ [SANG1]

¹²¹ Source : www.colruytgroup.be

¹²² Disaster Recovery Plan

¹²³ [BORD1]

ou des logiciels qui ne conviennent pas, obligeant les utilisateurs à « faire avec » ou à adapter leur ordinateur avec des logiciels gratuits, non maîtrisés, voire pirates pour arriver à leur fin. Cela amène aussi au end-user computing qui est un risque pour tous les systèmes.

Pour résoudre ce problème, il est essentiel de faire communiquer ces deux équipes sur les attentes et impératifs respectifs, qui ne sont pas toujours mis en parallèle.

5.1.2 Matériel

Au niveau du matériel, il est essentiel de se poser la question de l'analyse du cycle de vie des équipements. Ce sera le sujet des deux premiers points. Par contre, d'autres idées peuvent améliorer les consommations électriques et l'empreinte carbone. Nous parlerons ainsi des techniques de refroidissement, que ce soit pour les data centers que pour n'importe quel autre salle informatique. Ensuite, nous aborderons les évolutions possibles des réseaux, permettant de réduire les pollutions. Nous ferons aussi un point sur les stockages ainsi que des bonnes pratiques en la matière.

Directives à la production

Il existe de nombreuses initiatives permettant de réduire l'empreinte écologique des équipements informatiques, surtout en privilégiant l'achat et la production de matériel répondant à des critères de durabilité maximum.

En ce qui concerne la production, la directive européenne RoHS définit la quantité de substances polluantes ou de matériaux lourds qui peuvent se trouver dans un équipement. Certaines substances sont même interdites. C'est le cas du plomb, du cadmium, des polybromobiphényles (PBB), des polybromobiphényléthers (PBDE) et du chrome hexavalent¹²⁴. Les deux dernières matières sont des composantes des nombreux plastiques que l'on retrouve dans la plupart des équipements, voire tous. Pourtant, il existe des alternatives, comme le bioplastique¹²⁵, le bambou et l'aluminium¹²⁶. Certains constructeurs se sont d'ailleurs engagés à réduire leur utilisation de carbone et de PVC, comme Nokia, HP, Dell, Samsung et Apple. Cette dernière annonce même un MacBook Air sans carbone¹²⁷. Comme autre matériau alternatif, l'argent et le cuivre peuvent remplacer le plomb mais leurs ressources s'épuisent. Il ne s'agit donc pas d'une panacée. Leur principal avantage est qu'ils sont plus facilement recyclables¹²⁸.

Au-delà des matériaux utilisés, la façon dont le design est pensé peut aider à réduire l'empreinte d'un matériel. En effet, il est parfois préférable d'avoir un processeur multicœur pour permettre le parallélisme sur des fréquences d'horloge plus lentes et donc

¹²⁴ [GUID1]

¹²⁵ [SANG1]

¹²⁶ [PET11]

¹²⁷ [GREE3]

¹²⁸ [SANG1]

moins consommateurs¹²⁹. La loi d'Amdahl¹³⁰ nous dit qu'on ne peut pas tout paralléliser¹³¹. Cependant, même si une partie de programme doit la plupart du temps rester séquentielle, une partie non négligeable peut souvent être parallélisée. Il faut donc prévoir la technologie nécessaire pour ce parallélisme.

Ensuite, pour un usage optimal des équipements, une société ou un particulier doit bien penser à ce dont il a besoin pour effectuer les tâches qu'il veut. Si l'usage de l'ordinateur se limite à de la bureautique simple et de la navigation web, il est inutile par exemple, d'avoir une carte graphique indépendante de la carte mère¹³². Cela entraîne des besoins en ressources plus importants, aussi bien électriques que de refroidissement.

Enfin, quand on achète un matériel, il faut le plus que possible privilégier un matériel réparable, en évitant les équipements où les composants sont soudés par exemple, comme nous l'avons vu pour les processeurs soudés en mode « Land Grid Array »¹³³. Il est aussi intéressant d'acheter des matériels plus économes en énergie, en faisant confiance aux grands labels énergétiques, dont nous parlerons plus loin, ou en achetant, par exemple des serveurs dont la configuration physique réduit leur consommation. C'est le cas des serveurs « lames ». Il s'agit d'un châssis unique, commun pour plusieurs serveurs, donc l'encombrement est faible. Certains équipements sont en commun, comme la connectique, l'alimentation, le refroidissement¹³⁴.

Directives à l'achat, l'utilisation et à la fin de vie

Le premier conseil à donner à une personne ou une entreprise qui désire acquérir du matériel est que celui-ci soit labellisé. Nous reviendrons plus loin dans ce mémoire sur les différents labels qui régissent l'industrie informatique.

Lors de son achat, un matériel doit au maximum être acheté dans un esprit de durabilité maximum, à savoir qu'il devrait être muni d'une garantie d'une durée supérieure au minimum légal européen de 2 ans¹³⁵. C'est le cas de beaucoup d'équipements de grandes marques, qui sont plus chers à l'achat mais plus durables du point de vue de la « réparabilité ». Cette faculté de réparation est cependant limitée aux usines du constructeur et donc malgré la garantie, peu de gens y recourent réellement, d'autant plus que beaucoup d'utilisateurs hésitent à renvoyer à l'usine un équipement où se trouvent stockés des données personnelles. Par contre, pour les personnes qui s'y connaissent un peu, il est préférable de choisir des équipements modulaires et modifiables (processeurs non soudés, coques standards, etc.). Cette volonté d'allongement de la durée de vie a un autre avantage : un matériel plus ancien, mais qui fonctionne toujours, consommera toujours

¹²⁹ [PETIT1][SANG1]

¹³⁰ [PETIT1]

¹³¹ L'image la plus connue de cette loi est la suivante : ce n'est pas en mettant neuf femmes enceintes en même temps qu'on obtiendra un bébé en un mois.

¹³² [SANG1]

¹³³ [BORD18]

¹³⁴ [BORD1]

¹³⁵ [GUID1][BORD5]

moins qu'un nouveau¹³⁶, à l'exception des très anciennes technologies, comme les écrans CRT¹³⁷. Frédéric Bordage, du groupe Green IT, propose même qu'on incite les constructeurs à pratiquer le « open hardware », qui donnerait accès aux pièces détachées à la documentation nécessaire pour permettre les réparations et upgrades des configurations¹³⁸.

Pour mettre un frein sur l'obsolescence programmée due aux changements trop fréquents de logiciels de plus en plus exigeants, les avis s'accordent pour exiger que les durées de support des logiciels soient allongées¹³⁹. Dans la même veine, avant de changer d'ordinateurs pour suivre les tendances ou les besoins croissants, il s'avère que beaucoup d'entreprises et de particuliers ne se rendent pas compte du coût lié au changement de matériel. Il peut suffire d'ajouter de la mémoire vive pour combler les besoins que les nombreux logiciels installés ne manquent pas d'occasionner¹⁴⁰. Toutefois, si le changement s'avère nécessaire, il faut calculer aussi les coûts auxiliaires, à savoir la conception du nouveau poste de travail, migration des applications internes, chômage technique pendant la modification, migration des données, traitement des déchets¹⁴¹. Le changement n'est donc pas limité au coût du nouveau matériel. Il doit donc être postposé au maximum.

Des méthodes peuvent aussi allonger la durée de vie du matériel. En effet, le matériel s'use en restant allumé car l'alimentation travaille toujours, même en veille, le ventilateur aussi. Ainsi, même si c'est un lieu commun, il faut continuer à conscientiser les entreprises et les utilisateurs que la notion de « Power Off » n'est pas un « nice to have » mais un must. Il existe des solutions, même pour les plus réfractaires. Des logiciels comme PowerOff existent et sont gratuits et efficaces. Ils permettent de programmer une logique d'extinction « propre » des ordinateurs à calendrier déterminé (semaine, week-end, jours fériés, etc.)¹⁴². Il est possible aussi de brancher l'ensemble des équipements d'un poste de travail (écran, tour, souris, imprimante, etc.) sur la même multiprise, permettant ainsi une extinction en un seul bouton. Au-delà de ces possibilités physiques, il est possible aussi de paramétrer le système afin que celui-ci éteigne ou mette en veille l'ordinateur et l'écran de manière définie (après un certain temps d'inactivité). D'un point de vue serveurs, on peut aussi rationaliser la consommation électrique de deux façons. Si c'est possible, les processus utilisant un serveur peuvent être adaptés pour utiliser les serveurs dans une certaine tranche horaire, permettant leur extinction le reste du temps¹⁴³. Il existe aussi des alimentations permettant une consommation adaptative en fonction de la charge du serveur¹⁴⁴. Pour tout un chacun, il est aussi intéressant de nettoyer « physiquement » son

¹³⁶ [HARR1]

¹³⁷ [GREN1][SANG1]

¹³⁸ [BORD5]

¹³⁹ [GUID1][BORD5]

¹⁴⁰ [BORD23]

¹⁴¹ [BORD5]

¹⁴² [GUID1][GREN1][SANG1]

¹⁴³ [SANG1]

¹⁴⁴ [PET11]

ordinateur : enlever la poussière diminue les surchauffes et les nécessités de refroidissement, donc de consommation¹⁴⁵.

Enfin, une fois en fin de vie, il faut être attentif à la filière de recyclage choisie. Il faut se rendre compte que la main d'œuvre que demande le retraitement est de plus en plus qualifiée. Celle-ci est nécessaire vu la pénurie des matières premières¹⁴⁶ : le recyclage devient une nécessité économique et plus seulement environnementale. De plus, pourquoi ne pas songer à une deuxième vie plus durable, dans le sens où on peut permettre à des personnes moins aisées d'accéder à du matériel, somme toute, pas si défraîchi que cela¹⁴⁷. C'est ce que propose l'initiative Ordi 2.0 en France¹⁴⁸, par exemple, ou Oxfam Solidarité en Belgique. Elles promeuvent le reconditionnement des ordinateurs pour les vendre à faible coût ou même les donner, de façon à réduire la fracture numérique pour les classes les moins fortunées de la société. En Angleterre, une initiative identique porte le nom de PAS 141. Cette norme garantit par contrôles le bon reconditionnement des équipements, notamment au niveau de l'effacement total des données des disques durs. Le principal frein du réemploi étant la peur de tomber sur les données d'autres utilisateurs ou que d'autres utilisateurs voient les données d'origine.



Figure 11 : Logo de PAS 141



Figure 12 : Logo de l'initiative Ordi 2.0



Figure 13 : Logo d'Oxfam

Refroidissement

La problématique principale du refroidissement des installations informatiques vient essentiellement des data centers. Il existe plusieurs techniques qui peuvent diminuer ou nuancer l'empreinte écologique d'un data center. La première de ces techniques est de refroidir non pas via des climatiseurs, technique la plus courante, mais avec les ressources naturelles dont on dispose.

- Refroidissement à l'eau de mer : Google, par exemple, refroidit une partie de ses data centers via ce moyen¹⁴⁹
- Refroidissement via l'air extérieur : Facebook a installé un de ses data centers en Suède, là où la température moyenne annuelle est de 2 degrés¹⁵⁰
- Refroidissement par le vent (comme HP)¹⁵¹

¹⁴⁵ [PHIL3]

¹⁴⁶ [BORD16]

¹⁴⁷ [BARO1]

¹⁴⁸ Voir point 5.2.2.

¹⁴⁹ [GREE2]

¹⁵⁰ [GREE2]

- Refroidissement via pompage de l'eau des nappes phréatiques (en été, en alternance avec le refroidissement de l'air extérieur en hiver)¹⁵²

Ces techniques de refroidissement génèrent de l'eau chaude résiduelle, qui peut être utilisée dans d'autres installations (chauffage, etc.)¹⁵³. Cette technique est bien-sûr « réservée » aux data centers qui se trouvent localisés près des moyens naturels susmentionnés. Pour les autres data centers, il est possible de diminuer drastiquement sa facture énergétique en augmentant la température moyenne de la salle. En augmentant la température de climatisation de 18 à 26 °, sans danger pour les serveurs, l'Aéroport du Bourget a réduit sa consommation électrique de 48 %¹⁵⁴. C'est une des recommandations de l'ASHRAE¹⁵⁵, l'association américaine qui tente de rationaliser le monde du refroidissement, ventilation et chauffage. Si ces techniques ne suffisent pas, on peut recourir au principe des allées chaudes et allées froides¹⁵⁶. On dispose les serveurs en rangées, en alternant les allées chaudes et allées froides, comme ceci¹⁵⁷ :

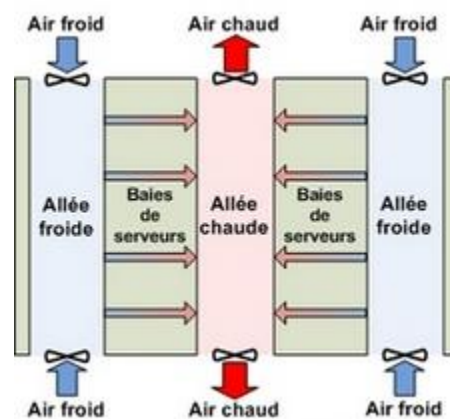


Figure 14 : Principe des allées chaudes et des allées froides

Cela sous-entend que les entrées d'air froid et les sorties d'air chaud doivent être indépendantes et bien séparées. Ce concept permet de refroidir uniquement les allées froides au lieu de climatiser toute la salle. Comme il n'y a pas de mélange entre l'air chaud et l'air froid, la circulation est plus efficace et demande moins d'énergie¹⁵⁸.

Enfin, la dernière technique, pour laquelle nous utiliserons le terme d'urbanisation des serveurs¹⁵⁹. Cela permet une climatisation de précision. En effet, il est possible de répartir les serveurs en fonction de leur taux d'occupation, de leur criticité, de leur

¹⁵¹ [GREE2]

¹⁵² [BOUZ1]

¹⁵³ [BOUZ1][GREE][GUID1]

¹⁵⁴ [GREN1][BORD11]

¹⁵⁵ American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers

¹⁵⁶ [GREN1][BORD11]

¹⁵⁷ Source : www.ecoinfo.org.

¹⁵⁸ [PET1]

¹⁵⁹ [BORD1][BORD11]

consommation. Cela permet de mettre les serveurs scorant le plus haut sur ces points dans les points les plus froids de la salle. De la même façon, via les machines virtuelles¹⁶⁰ et via un monitoring des serveurs, on peut maintenant répartir la charge sur ceux-ci en fonction de leur température. On refroidit souvent l'entièreté d'une pièce pour quelques points chauds ou mal aérés. Pourquoi, dans un premier temps ne pas placer les serveurs qui chauffent le plus près des points d'accès, souvent plus aérés que les autres¹⁶¹ ? Il est aussi possible de gérer la force de la climatisation en fonction de l'utilisation des serveurs, un peu comme on a des compteurs bi-horaires dans notre pays.

Stockages

Dans toute infrastructure informatique contient des espaces de stockages. Ils peuvent être de 5 niveaux :

Niveau	Description	Caractéristiques
Niveau I	Critique	Les plus importants car doivent être utilisables en permanence (exemple : ressources d'un site web accessible 24/7)
Niveau II	Haute valeur mais pas critique	Doivent pouvoir être accédés rapidement mais pas tout le temps (exemple : documents collaboratifs)
Niveau III	Stockage transitionnel	Disques plus économes Peuvent être éteint quand non nécessaire
Niveau IV	Disaster recovery	Utilisé uniquement en cas de besoin important Peuvent être mis en stand-by Maintenance et tests en périodes basses (week-end)
Niveau V	Archive	Jamais accédés en ligne, peuvent être compressées Doivent pouvoir vivre de 10 à 20 ans

Ces différents niveaux doivent être utilisés en connaissance de cause. Chacun de ses niveaux peut se targuer d'avoir son type de stockage ou en tout cas ses caractéristiques de vitesse, sécurité, disponibilité, etc. En effet, les disques durs classiques consomment, même s'ils ne sont pas utilisés ; les bandes magnétiques ne consomment rien mais s'altèrent avec le temps ; on parle aujourd'hui de stockage sur quartz, inaltérable et ne coûtant rien en consommation, résistant au feu, aux ondes radios et aux produits chimiques¹⁶². Il est aussi possible de remplacer les disques durs classiques par des mémoires flash SSD (Solid State Drive) qui sont plus rapides, plus légères et moins énergivores¹⁶³.

Si aucune solution alternative ne peut être trouvée aux disques durs classiques, il est nécessaire cependant de se poser la question de la taille des disques durs. En effet, un

¹⁶⁰ [BOUZ1]

¹⁶¹ [BARO1]

¹⁶² [BORD15]

¹⁶³ [BORD23]

disque dur à plus haute capacité mais un peu plus lent consomme moins que plusieurs petits disques durs¹⁶⁴. Il convient donc de trouver la taille « juste » par rapport aux besoins.

Enfin, on peut aussi se demander si des disques en accès par réseau (NAS : Network Access Storage) ne sont pas préférables à des disques en accès direct (DAS : Direct Access Storage). En effet, les DAS sont souvent synonymes de duplication des données quand chaque serveur a son DAS dédié¹⁶⁵. La consommation est alors multipliée au lieu d'être partagée par l'ensemble des serveurs. Cela est aussi valable pour les ordinateurs de bureau.

Réseaux télécom¹⁶⁶

Bien que nous n'abordions pas dans ce mémoire les problématiques complexes des réseaux, il nous a semblé intéressant de mentionner une des techniques qui risquent de remplacer les réseaux par ondes radios (réseaux WiFi). Avec le remplacement des ampoules à incandescence par des ampoules LED¹⁶⁷, des chercheurs ont inventé un nouveau type de réseau qui serait transmis via les photons émis par les LED. Il s'agit du LiFi pour Light Fidelity¹⁶⁸. L'avantage principal de ce nouveau type de réseau est qu'il combine deux fonctions : éclairage et communication. Le principe est simple : il s'agit de morse à très haute fréquence (allumé = 1, éteint = 0). La fréquence de « clignotement » est invisible à l'œil nu. En fonction du type d'information communiqué, la fréquence est différente. Pour le son, la LED communique par 1 million de clignotements par seconde ; pour la vidéo, 10 millions ; pour Internet, 100 millions. La capacité de fréquence maximum est théoriquement d'un milliard, comme les lasers.

D'un point de vue écologique, en plus de l'avantage de consommation évident, il permet aussi de réduire fortement la pollution électromagnétique. Cette nouvelle technologie est en phase d'essai dans plusieurs gares en France. C'est aussi une technologie d'avenir pour les domaines où les ondes posent problème, comme les établissements médicaux ou encore l'aéronautique. Il est probable, si elle continue à se concrétiser, que le LiFi sera un pilier du Green IT du futur.

5.1.3 Logiciel

Dans ce point, il est intéressant de noter que nous allons aborder deux types d'utilisations des logiciels : d'une part, quand l'utilisateur utilise un logiciel pour lequel il possède une licence ou qui n'en nécessite pas, d'autre part, les logiciels développés in-house. Ces deux types de logiciels ne sont pas régis par les mêmes règles de dépendance à l'évolution du marché. Pour les premiers, nous parlerons des bonnes pratiques à mettre en place concernant leur mise à jour, de la façon de les configurer de manière à ce qu'ils soient

¹⁶⁴ [PETIT1]

¹⁶⁵ [BORD1]

¹⁶⁶ [LIFI1]

¹⁶⁷ Light-Emitting Diode

¹⁶⁸ Terme inventé par Harald Hass, professeur à l'Université d'Edimbourg.

les plus économes et adéquats possibles et enfin des options de nettoyage logiciel. Pour les seconds, nous verrons les impacts des optimisations de code ainsi que les green patterns que l'on peut utiliser dans le code réalisé.

Mise à jour

Le modèle économique actuel pousse toujours le consommateur à avoir mieux, plus fort, plus complet. Toutefois, cette volonté de pousser vers l'évolution constante ne doit pas toujours être suivie au point de vue des logiciels. En effet, nous avons vu dans un chapitre précédent que ces évolutions sont une des raisons de l'obsolescence programmée ou ressentie. Nous préconisons donc de ne pas effectuer systématiquement toutes les mises à jour des logiciels, quand celles-ci ne sont pas cruciales pour la sécurité¹⁶⁹ ou ne sont pas correctives. Si un logiciel convient dans l'état où il se trouve sur un système, pourquoi effectuer un upgrade ? Il peut être aussi intéressant de privilégier les logiciels « open source », permettant d'effectuer soi-même la maintenance applicative face aux évolutions des systèmes d'exploitation par exemple¹⁷⁰.

Environnement à la carte

Quand un utilisateur ou une entreprise définit la composition logicielle d'un poste de travail, il faut avant tout se poser la question des fonctionnalités nécessaires, afin de ne pas avoir trop de logiciels ou des logiciels redondants entre eux¹⁷¹. Il est essentiel aussi de penser à désactiver les options superflues, qui consommeraient de l'énergie en tâche de fond sans valeur ajoutée¹⁷².

Il existe souvent des versions moins lourdes des logiciels que les versions complètes. Les versions « Light » sont souvent suffisantes pour un usage courant¹⁷³. De plus, ce n'est pas parce que les logiciels donnent l'impression d'effectuer les mêmes fonctionnalités qu'elles sont équivalentes d'un point de vue consommation¹⁷⁴. Ainsi, nous avons vu dans un chapitre précédent la comparaison de consommation entre Internet Explorer et Mozilla Firefox. Il serait intéressant de bénéficier d'un vrai label écologique pour choisir le logiciel le plus vert. Il existe bien des initiatives, comme le projet « Code vert » dont nous parlerons plus loin, mais c'est encore timide car souvent sous-estimé.

Nettoyage

Le dépoussiérage est important pour le matériel mais il l'est aussi pour le logiciel. L'obsolescence ressentie à cause de logiciels trop « pollués » est un problème important. Il est important pour cette raison d'effectuer périodiquement un nettoyage des logiciels :

¹⁶⁹ [GUID1]

¹⁷⁰ [BORD5]

¹⁷¹ [CONF1]

¹⁷² [GUID1]

¹⁷³ [KERN1]

¹⁷⁴ [KERN1]

désinstaller les logiciels non utilisés, désactiver les services non utilisés, comme les tutoriels, par exemple, nettoyer les historiques, les fichiers temporaires et les cookies, etc¹⁷⁵.

Il existe aussi des logiciels pour effectuer ce genre de nettoyage comme TuneUp. Celui-ci s'attaque à plusieurs niveaux du système d'exploitation et des logiciels :

- Optimisation du système : désactivation des programmes non utilisés, désactivation des programmes à démarrage automatique, configuration des modes d'économie
- Nettoyage du système : nettoyage de Windows et de la base de registres, nettoyage des navigateurs web, suppression des raccourcis défectueux, désactivation des fonctions inutilisés de Windows
- Résolution des problèmes : défragmentation du disque dur, nettoyage des secteurs défectueux
- Personnalisation des options d'affichage et de gestion du système.

TuneUp est aussi disponible pour Android mais ne fonctionne pas pour Linux et Mac. Cependant, il arrive que le seul moyen de « nettoyer » complètement un système soit de le réinstaller, en effaçant purement et simplement les modifications peut-être parasites qui ont été effectuées depuis l'installation initiale. Cela permet aussi de revenir à un état « officiel » du système¹⁷⁶.

Optimisations

Optimiser est important pour pouvoir laisser le plus de ressources possibles libres d'utilisation pour d'autres processus¹⁷⁷. Il existe de nombreuses techniques d'optimisation de code. Elles concernent diverses optiques sous-tendant ces techniques : utilisation du stockage, accélération de l'exécution, minimisation du code, compression des contenus (surtout pour les pages web), structuration des données. Pour le premier point, l'utilisation du stockage, il est préconisé d'utiliser de la mémoire cache pour les données souvent lues, au lieu d'utiliser des lectures sur le disque dur plus coûteuse en terme d'énergie¹⁷⁸. Cela peut aussi être réalisé via des copies locales de bases de données¹⁷⁹ à la place de disques durs réseaux (avec le désavantage que l'on a alors une certaine redondance). On parle dans ce cas de l'importance de la distance aux données¹⁸⁰. En effet, accéder à une donnée coûte plus ou moins cher en fonction de sa distance au processeur. L'ordre de ces distances est le suivant : registre, cache, mémoire RAM, disque dur, bande externe, données réseau. Pour éviter de solliciter ces recherches qui coûtent plus cher, il est préférable de non seulement privilégier les données proches du processeur mais aussi de grouper les traitements de données en fonction de leur localisation¹⁸¹. De plus, les programmeurs doivent veiller à

¹⁷⁵ [CONF1][PHIL3]

¹⁷⁶ [PHIK3]

¹⁷⁷ [GUID1]

¹⁷⁸ [GUID1]

¹⁷⁹ [TONI2]

¹⁸⁰ [PHIL8]

¹⁸¹ [PHIL8]

réutiliser les données déjà lues plutôt que de les relire si un autre traitement doit être effectué sur elles.

Ensuite, l'accélération de l'exécution peut être réalisée via des techniques d'algorithmique plus performant. Comme nous l'avons vu plus haut, un algorithme récursif consomme moins qu'un algorithme itératif. Si on se tourne tout de même vers un processus itératif, il est aussi crucial de penser à circonscrire les bornes maximum des boucles que l'on programme. Cela vaut aussi pour les tableaux que l'on trouve en mémoire interne. Il arrive souvent que les programmeurs définissent des tableaux maximum et des boucles maximum alors qu'il devrait être possible dans la plupart des cas de trouver la juste taille à utiliser¹⁸². De plus, les conditions de sortie de boucle sont souvent mal définies, pour s'assurer qu'on ne « rate » rien. Programmer en utilisant un maximum d'algorithmes récursifs, dans les langages où c'est permis, permet aussi de minimiser le code écrit et le code généré par le compilateur. Certains langages plus procéduraux, comme Cobol, ne permettent pas de faire du récursif. On doit alors se réduire à des optimisations plus « light », comme enlever des initialisations là où ce n'est pas nécessaire, retravailler les interfaces entre modules pour qu'elles prennent le moins de volume possible, etc. La minimisation du code, et notamment celui des pages web, peut aussi être réduit en minimisant la qualité des images et des contenus multimédias¹⁸³. Toutefois, il ne faut pas oublier que certaines utilisations de composants comme les timers ne sont pas toujours des bonnes idées car ils interdisent au processeur de se mettre en repos lors des périodes de non activité. Il est préférable d'implémenter, comme expliqué ci-après une logique event-driven.

Connaître son compilateur est aussi intéressant. En effet, les compilateurs ont pour mission de fournir des données dans les formats attendus dans la mémoire par le processeur. Si la structure définie par le programmeur ne correspond pas à ce que le processeur attend, le compilateur va s'arranger via du padding (remplissage) à fournir le bon format. Voici un exemple¹⁸⁴ :

```
Struct {bool b ; double d ; short s; int i ;};
```

La structure va occuper en mémoire :

1 (bool) + 7 (padding) + 8 (double) + 2 (short) + 2 (padding) + 4 (int), soit 24 bytes

Par contre, si on définit la structure de la façon suivante :

```
Struct {double d ; int i ; short s; bool b ;};
```

¹⁸² [TONI2]

¹⁸³ [LEDO1][MICH1]

¹⁸⁴ Tiré de [TONI2][PHIL8]

La structure va occuper en mémoire :

8 (double) + 4 (int) + 2 (short) + 1 (bool) + 1 (padding), soit 16 bytes

Il est évident que tous les programmeurs n'ont pas l'occasion ni la connaissance nécessaire pour réaliser ces optimisations de structure. Il existe cependant dans certains langages des méthodes dans des API spécifiques pour optimiser ces structures¹⁸⁵. Utiliser ces méthodes peut être fait en parallèle avec un nettoyage du software avant compilation¹⁸⁶. Il est question dans ce cas, de repasser son code en revue pour enlever les étapes qui auraient pu être ajoutées pendant la programmation, mais ne seraient plus utiles comme des variables définies localement, des appels de procédures inutiles, du code mort. Il faut évidemment être très prudent dans ces opérations afin de n'enlever aucun élément business de la programmation, ni aucune validation. De plus, en ce qui concerne les compilateurs, certains d'entre eux possèdent des options d'optimisation de code généré, méconnues mais qui méritent leur place, comme nous l'avons vu dans la comparaison entre les résolutions de tour de Hanoi optimisées ou pas.

L'utilisation de code « open source » peut aussi être une option intéressante car il peut avoir déjà été optimisé par plusieurs personnes avant sa propre utilisation. De plus, si le programmeur qui l'utilise l'optimise à son tour et le reverse dans la communauté¹⁸⁷. L'avantage de l'optimisation est alors répandu pour toutes les futures utilisations du bout de code. L'usage des bibliothèques (en général stabilisées et optimisées) peut aussi être un plus bien qu'il arrive qu'elles effectuent des opérations non nécessaires au programme que l'on est en train d'écrire.

Il est possible aussi de travailler sur la programmation event-driven. En effet, les programmeurs sont enclins à ne définir des actions que derrière les comportements de l'utilisateur, comme le clic d'une souris ou la saisie de texte dans une zone. Par contre, on trouve rarement dans les programmes des actions définies en cas de minimisation de la fenêtre. C'est pourtant l'occasion idéale de désactiver dans le programme qui tourne le rafraîchissement d'affichage ou les tâches devant réagir à la milliseconde où l'utilisateur agit. Tant que le programme est minimisé, cela n'est pas nécessaire¹⁸⁸.

Green design patterns

Qu'entend-on par « green design patterns » ? Un design pattern est un canevas définissant une certaine structure logicielle, pour atteindre un but défini. Le but de ce point n'est pas de redéfinir les design patterns existants pour en faire des versions « vertes » mais de définir de nouvelles options plus vertes, utilisables à la place des design patterns

¹⁸⁵ [TONI2][PHIL8]

¹⁸⁶ [PET11]

¹⁸⁷ [BORD19]

¹⁸⁸ [PHIL7]

connus¹⁸⁹. Afin que ces designs soient « green », ils doivent respecter un ensemble de principes : réduire l’empreinte du logiciel sur l’environnement, prolongation de la durée de vie du logiciel, facilité d’utilisation et de réutilisation, diminution du temps d’exécution. L’efficacité de ces patterns doit donc être de plusieurs ordres¹⁹⁰ : architecture, calcul, données, prise en compte du contexte, outils.

Nous avons déjà abordé dans le point précédent les notions correspondant à l’efficacité de calcul, des données et de prise en compte du contexte. Nous parlerons donc ici des notions concernant l’architecture et les outils.

En ce qui concerne l’architecture, nous pouvons dire que sa modularité est importante. La granularité doit être la plus parfaite possible et la plus adéquate possible par rapport aux structures de données et aux principes de réutilisation, non seulement des données déjà lues, comme dit plus haut, mais aussi au niveau des processus répétitifs. Combien de fois le même code n’est pas reprogrammé à différents endroits plutôt que de faire appel à une procédure paramétrable ? Les procédures paramétrables ne sont pas non plus la panacée car le risque est que la procédure elle-même soit rendue trop complexe suite aux adaptations en fonction des paramètres reçus en entrée. L’équilibre juste est difficile à trouver. Second bémol, les procédures trop larges risquent de faire beaucoup plus de traitement que prévu ou que nécessaire, ce qui induit un risque de surconsommation. L’unité utilisée dans la granularité est donc d’une importance cruciale : elle doit être assurée par une cohérence de temps et d’espace pour être la plus adéquate possible. Le design pattern MVC est un bon exemple car il permet la séparation entre les données (model), les objets qui les affichent (view) et la réaction du système par rapport aux interactions avec les autres composants (controller)¹⁹¹. Une fois la granularité et la modularité établies, il faut veiller à ce que la répartition des différents composants soit correcte, notamment dans une architecture client/serveur. La mouvance du SOA (Service Oriented Architecture) est une des plus courantes dans le contexte du Green IT¹⁹². Par contre, il est possible que le trop de services utilisés du côté serveur a comme désavantage de multiplier le nombre d’échanges entre le client et le serveur. Il y a là aussi un équilibre à trouver. Pour les développeurs d’applications destinées au public, la philosophie d’un service minimum avec options devrait être d’actualité. Pourquoi ne pas profiter des initiatives Green IT pour promouvoir le développement de logiciels « light » avec des options supplémentaires, activables à la demande ? Cela permettrait de ralentir le phénomène du bloatware.

Malheureusement, s’ils ne sont pas intégrés dans la logique de développement d’un programmeur, il est souvent trop tard une fois le développement effectué de vérifier si toutes les mauvaises pratiques sont bien absentes de son programme. Les impératifs de temps sont un ennemi pour ces initiatives de nettoyage et optimisation. Beaucoup de sociétés envisagent actuellement d’officialiser un principe de « code review » avant livraison

¹⁸⁹ [PHIL8]

¹⁹⁰ [PHIL8]

¹⁹¹ [PHIL8]

¹⁹² [CAMB1]

mais cette initiative n'est pas encore généralisée. Cela se fait surtout dans les grandes sociétés où le process de développement est bien défini et contrôlé. Par contre, dans la nouvelle mode des développements de type « scrum », les développeurs doivent être conscientisés pour éviter de ralentir le développement par des revues de code. En effet, il ne serait pas utile de livrer des fonctionnalités telles que demandées et suivies par le client mais qui pêcheraient par leur consommation et leur non-performance.

Pour faciliter cette revue de code dans une optique verte, un groupement français est en train de développer un outil novateur¹⁹³. Ce groupement est composé de :

- La société Kaliterre : société de consultance en développement durable et systèmes d'information
- Le groupe Sigma : éditeur de logiciels
- L'ICAM : école d'ingénieurs de Lille
- Tocea : société de consultance, qui évalue et aide à réduire les dettes techniques

Ce projet, dénommé « Code vert », démarré en 2012 et estimé à 14 années/homme de développement a pour but de réaliser un outil qui serait un « parseur qui analyse un code informatique à l'aide d'un référentiel de règles de bonnes pratiques et qui identifie les optimisations possibles »¹⁹⁴. Il sera utilisable pour examiner un code, détecter et aider à corriger les anti-green patterns. Il se basera sur un référentiel et sur un ensemble de bonnes pratiques¹⁹⁵, évolutif en fonction des contributions des utilisateurs.



Figure 15 : Logo du projet « Code vert »

Le but est de promouvoir les codes permettant de réduire l'impact social et environnemental, à savoir éviter l'obsolescence, réduire la consommation et limiter les exclusions d'utilisations (durabilité sociale)¹⁹⁶.

5.1.4 Initiatives complexes

Il était parfois difficile de catégoriser les techniques permettant de réduire leur empreinte en termes de matériel ou de logiciel. C'est pourquoi nous avons utilisé cette nomenclature « initiatives complexes » car elles conjuguent des modifications dans les deux sphères, au niveau du logiciel et au niveau du matériel.

¹⁹³ Source : www.code-vert.org

¹⁹⁴ [BORD19]

¹⁹⁵ [CONF1]

¹⁹⁶ [PHIL7]

Nous aborderons dans ce chapitre des préoccupations récentes de l'informatique, à savoir, le cloud computing, dans le sens large du terme, les idées de virtualisation ou de mutualisation, les politiques d'impression et la dématérialisation.

Cloud computing

Le cloud computing, représente une des voies vers laquelle les géants de l'industrie informatique veulent conduire le monde informatique. Le principe général qui sous-tend le cloud computing est que l'utilisateur lambda n'ait qu'à se servir, dans le cloud, que ce soit au niveau infrastructure, plateforme ou applicatif. Trois des principaux fournisseurs de ce type de service sont Google, Amazon et Salesforce. Le but est aussi de fournir ces services offerts à la demande et payés à l'utilisation¹⁹⁷. On parle alors des notions de IaaS (Infrastructure as a service), PaaS (Platform as a service) et SaaS (Software as a service). Cela signifie que des sociétés offrent via Internet les possibilités de logiciels, stockages, traitement de l'information, fonctions métier en remplacement complet ou partiel du parc propre de la société qui y recourt. Salesforce est d'ailleurs un des premiers à offrir des packages où les trois types de services sont compris.

Quels sont les avantages d'un tel mode de fonctionnement ? Tout d'abord, dans la majorité des cas, l'informatique n'est pas le core business de l'entreprise et n'en est qu'un support. Dans ce cas, il peut être profitable de laisser des entreprises plus spécialisées s'en occuper. Elles le feront probablement mieux et malgré tout, plus professionnellement¹⁹⁸. De plus, le coût sera probablement toujours moindre qu'avoir son propre data center. Pourquoi acheter un serveur quand le besoin n'est pas suffisant¹⁹⁹. Ensuite, avec la génération des réseaux à haut débit, il n'est plus pénalisant d'utiliser des ressources venant d'internet²⁰⁰. Par contre, utiliser des dizaines de connexions et de communications pour aller chercher tous les services dont on a besoin peut être pénalisant à terme²⁰¹ et augmenter l'empreinte. Il est donc préférable d'essayer de se limiter à un ou deux fournisseurs de services. Enfin, l'avantage principal pour notre propos est que le cloud computing permet un lissage des utilisations à travers le monde entier. En effet, un serveur local de messagerie par exemple, connaîtra des pics d'utilisation dans la journée pour ensuite ralentir les soirs et les week-ends. Dans le cas d'un serveur localisé dans le cloud, les moments creux d'utilisation en Europe peuvent être comblés par l'activité aux Etats-Unis, grâce au décalage horaire. Il en résulte qu'au lieu d'avoir deux serveurs dans chacun des continents, peu utilisés, on n'en a plus qu'un seul mieux utilisé. Si aucun service de mail n'est requis pendant une certaine période, le serveur peut être automatiquement réalloué à d'autres services²⁰². De plus, la majorité des grands sociétés qui offrent des solutions de cloud computing se sont munies de

¹⁹⁷ [PHIL7]

¹⁹⁸ [PET11]

¹⁹⁹ [GOOG1]

²⁰⁰ [PET11]

²⁰¹ [BORD1]

²⁰² [CAMB1]

data centers et de fermes de serveurs rationalisés et mieux gérés, comme nous l'avons vu avec Google, par exemple. Ainsi, il a été calculé qu'utiliser le service de messagerie de Gmail coûte autant qu'envoyer un message dans une bouteille à la mer²⁰³, à savoir 1,2 Kg de CO₂. Utiliser un serveur de mail distant est 80 fois plus efficace qu'un serveur propre à l'entreprise²⁰⁴.

D'un point de vue écologique, il paraît donc intéressant d'investir dans le cloud computing, à condition que les services que l'on utilise soient gérés de manière verte. Cela inclut les paramètres suivants :

- L'alimentation doit être la plus verte possible
- La charge des serveurs doit être équilibrée et atteindre un taux d'utilisation optimal (80 %, car en dessous, c'est sous-utilisé et au-dessus, risque de surchauffe)²⁰⁵. Le système qui gère la ferme de serveurs doit s'assurer d'éteindre les inutilisés²⁰⁶
- La durée de vie des serveurs doit être garantie la plus longue possible, afin de limiter les impacts de son cycle de vie (surtout production et fin de vie)²⁰⁷
- Ils doivent être performants et accessibles, sous peine de ne pas être adéquats à la demande et donc obsolètes²⁰⁸

Par contre, il existe des réserves à l'utilisation du cloud computing. S'il semble intéressant d'un point de vue écologique (rationalisation et meilleure gestion) et économique (pas de parc propre à maintenir et paiement à l'utilisation), il pose un certain nombre de questions, notamment la sécurité des données. Dans un monde où beaucoup de gens deviennent paranoïaques sur ce que l'industrie informatique sait sur eux, le cloud computing ne rassure pas. Cependant, est-ce vraiment pire que simplement utiliser Internet avec son propre système. Il est encore difficile de juger.

La deuxième réserve que nous pouvons aborder est l'utilisation même du cloud computing et son impact sur le parc informatique de la société qui y recourt. Si une société utilise toutes les possibilités du cloud computing mais continue à garder des systèmes aussi complets qu'avant (ordinateurs avec système d'exploitation, logiciels, etc.), alors, elle n'a rien gagné, ni au point de vue économique, ni énergétique²⁰⁹. Il est indispensable, quand on s'oriente vers un recours maximal au cloud computing de passer vers des clients légers²¹⁰ ; en quelque sorte, juste des fenêtres sur ce qui se trouve sur le cloud.

On peut aussi se poser la question de la dépendance au fournisseur de services²¹¹. La question du degré de couplage et la force de celui-ci ne doit pas faire perdre de vue que le

²⁰³ [JACO1] Ce calcul inclut le coût de production de la bouteille, du vin qu'il a fallu boire et du papier où est écrit le message.

²⁰⁴ [CAMB1]

²⁰⁵ [BOUZ1]

²⁰⁶ [GUID1]

²⁰⁷ [PHIL12]

²⁰⁸ [PAZA1]

²⁰⁹ [PHIL6][PHIL12]

²¹⁰ [GREN1][KAZA1]

²¹¹ [TONI1]

but du cloud computing est aussi de pouvoir changer « quand on veut ». Nous pensons, cependant, que cette dépendance potentielle n'est pas pire que celle qui lie aujourd'hui une entreprise avec la société qui lui fournit les PC et les logiciels. Le cloud computing est donc à prendre avec des pincettes mais à réellement évaluer dans une optique de Green IT

Virtualisation et/ou mutualisation

Avant de recourir au cloud computing, qui est, somme toute, une question de philosophie, il est possible de réaliser des actions plus réalisables et moins stressantes pour une entreprise. Trois grandes actions sont envisageables. La première est de virtualiser les serveurs en les transformant en machines virtuelles. Cela permet de localiser plusieurs d'entre elles sur un seul serveur physique, via l'utilisation de logiciels comme VMWare²¹². Cette application s'occupe d'effectuer des copies logicielles des serveurs physiques. Etant donné que les serveurs physiques sont utilisés, en général, à 10 à 30 %²¹³, on peut y loger un certain nombre de machines virtuelles. Cette initiative est déjà présente dans de nombreuses sociétés. Cependant, il arrive encore souvent que cette possibilité soit sous-utilisée, dans le sens où on compte en moyenne 10 machines virtuelles là où on pourrait en loger aisément 5 à 6 fois plus et donc diminuer de la même proportion le nombre de serveurs physiques²¹⁴.

La deuxième grande action réalisable est de mutualiser les équipements. En effet, pourquoi ne pas partager des serveurs entre plusieurs sociétés ? On peut aussi parler de mutualisation des équipements quand une personne utilise son propre matériel pour effectuer son travail. Il s'agit des initiatives « BYOD » Bring Your Own Device²¹⁵. L'employeur permet à ses employés d'accéder aux données de l'entreprise avec leur propre matériel (ordinateur, tablette, téléphone). La question se pose évidemment sur la sécurité des données mais aussi de la séparation vie privée/vie professionnelle. Toutefois, peut-on dire que l'on est sur le chemin où une personne n'aura plus besoin de deux équipements mais d'un seul ? Les outils du mode collaboratif comme TeamView ou d'autres logiciels de partage seront certainement une clé vers l'évolution de ce concept de BYOD.

La troisième action possible, dont nous avons déjà brièvement parlé ci-dessus, est bien évidemment de passer les équipements d'un mode complet vers un mode léger. Cela se passe déjà dans un certain nombre d'entreprises. Le collaborateur a un ordinateur portable, où il n'a plus accès au disque dur (d'où diminution de sa consommation²¹⁶), où sa boîte mail ne se trouve plus sur son disque dur non plus mais sur le web, où les ressources sont limitées. On se rapproche du concept initial du terminal, comme il existait il y a quelques dizaines d'années. Tous les éléments nécessaires se trouvent sur Internet, dans le cloud ou plus simplement sur des serveurs centraux, la consommation et l'usure du matériel est

²¹² [GREN1][KAZA1]

²¹³ [BOUZ1]

²¹⁴ [BOUZ1]

²¹⁵ [EVOL1]

²¹⁶ [GREN1]

moindre. De plus le coût de remplacement est limité à la machine-même car aucune donnée n'est à récupérer et tout le paramétrage se fait « automatiquement » via un profil défini. Cette architecture a aussi le mérite de rendre la machine moins dépendante des évolutions et permet donc de réellement pouvoir attendre la fin de vie du matériel²¹⁷. On diminue de ce fait le phénomène de l'obsolescence programmée ou ressentie. Le client léger est donc plus rentable, à tous les points de vue.

Dématérialisation

Quand on parle de dématérialisation, il faut entendre plusieurs concepts derrière ce mot : dématérialisation du papier, des flux d'informations mais aussi diminution des transports (surtout des personnes)²¹⁸.

Pour ce qui concerne la dématérialisation du papier, on parle bien entendu de la digitalisation de tous les documents possibles. Ce scannage des documents engendre bien entendu des coûts de stockage et d'indexation mais un serveur de données de quelques To prendra toujours moins de place et de travail manuel que des kilomètres d'archives²¹⁹. Les autres avantages sont en principes évidents, à savoir qu'on ne perd plus rien (les back-ups nécessaires doivent être assurés), les recherches sont facilitées et les données sont plus facilement accessibles avec un délai minimum. Cela permet aussi, pour les documents structurés ou semi-structurés un traitement automatique, le plus souvent possible. La dématérialisation est un pas important dans l'efficacité d'une société.

Toutefois, il ne faut pas compter sans l'indiscutable popularité du papier et la résistance au changement. Pour la génération Y (née à partir des années 80), le papier peut être considéré comme accessoire, car ils ont toujours connu le numérique. Pourtant, pour les générations précédentes, le papier a toujours force de loi. Le papier est noble et facile. La lecture à l'écran de documents n'est pas native pour ces générations²²⁰. De plus, ce n'est pas totalement une hérésie que de réfuter l'usage du « tout électronique ». Une étude a calculé qu'imprimer une page est plus intéressant que lire à l'écran, si on passe plus de 3 minutes à l'écran pour lire la même chose²²¹. Cette étude est cependant sujette à caution, étant donné que le papier lu risque d'être jeté et réimprimé pour être relu, tandis que la deuxième lecture à l'écran sera peut-être plus rapide et donc moins impactante. Le passage du papier vers le numérique est donc surtout une question de culture et d'habitude. Il permet néanmoins un certain gain de temps et d'efficacité, surtout avec les outils collaboratifs existants à l'heure actuelle.

Les outils collaboratifs permettent de virtualiser les flux d'informations. Les principaux sont bien-sûr les emails mais il en existe d'autres comme les sites web, les forums, les blogs et d'autres outils plus pratiques, permettant par exemple de partager le

²¹⁷ [BORD5]

²¹⁸ [PET11]

²¹⁹ [CHAM1]

²²⁰ [CHAM1]

²²¹ [HARR1]

même écran par deux ordinateurs (ou plus), avec possibilité d'interagir tous les deux. Il faut ajouter à cela les outils permettant de réaliser des conférences. Cela existait depuis longtemps au niveau téléphonie mais avec Internet, il est beaucoup plus facile de réaliser des vidéoconférences, limitant ainsi le nombre de déplacements humains dans le cadre de son travail. Cette dématérialisation est une condition sine qua none au télétravail : une des pistes sur laquelle le Green IT a vraiment son pion à jouer.

Politique d'impression

Dans ce point, nous aborderons une des initiatives les plus connues du Green IT, à savoir la définition d'une politique d'impression plus verte. Cette initiative est bien entendu plus large que le domaine du Green IT car il touche aussi au comportement des utilisateurs et à la réduction des coûts en général. Comme nous l'avons vu plus haut, la masse de papier utilisée par toutes les échelles de la société est sans égal. D'ailleurs, avant même l'irruption de l'idée de réchauffement planétaire, la problématique de la déforestation, notamment de la forêt amazonienne, avait déjà mis le feu des projecteurs sur la problématique du papier.

La définition d'une politique d'impression plus verte porte sur trois axes : le choix des fournitures (papier, encre), le matériel d'impression et son utilisation optimale et les améliorations logicielles qui permettent de réduire l'impact des impressions. En premier lieu, nous rappelons ce que presque tout le monde connaît : l'importance de choisir du papier écoresponsable. L'encre est aussi à inclure dans ce raisonnement. Pour le papier, l'important est de choisir du papier recyclable²²² et même si possible recyclé, ce qui diminue l'impact sur les forêts. Il existe deux labels principaux concernant les papiers : FSC et Der Bleuer Angel. Nous en parlerons plus loin. Il est possible aussi de jouer sur le grammage du papier à utiliser : pour une utilisation classique de papier comme papier de communication, un grammage inférieur à 80 gr/m² (grammage standard) peut suffire largement²²³. Pour diminuer l'impact écologique sur l'environnement de la fabrication du papier, il est possible aussi de choisir, soit du papier non blanchi, soit du papier blanchi par des procédés moins polluants (sans chlore, avec de l'oxygène). En ce qui concerne l'encre, il est essentiel, avant tout de penser à utiliser la cartouche au maximum. Il est courant qu'au premier fléchissement de couleur, les utilisateurs changent la cartouche alors que parfois, simplement la secouer, peut permettre d'imprimer plusieurs dizaines de pages supplémentaires. Ce simple geste peut diminuer la quantité d'encre résiduelle restant dans les cartouches et diminuer ainsi l'empreinte de celles-ci. Il existe aussi des filières de recyclage permettant de réutiliser la même cartouche, mais cela passe aussi par des produits génériques²²⁴, qui ne sont pas de la marque de l'imprimante, ce que les lobbys des spécialistes de l'impression déconseillent, bien entendu²²⁵. Il est possible aussi d'économiser

²²² [GUID1][COMM1]

²²³ [COMM1]

²²⁴ [POLI1]

²²⁵ [GUID1]

d'une autre façon ses cartouches d'encre : il existe des programmes, comme EcoFont²²⁶, qui se chargent comme des add-ins sur les logiciels de traitement de texte. Ils ont la particularité d'insérer de minuscules points blancs dans les caractères, économisant ainsi de 30 à 50 % de l'encre. Cela est imperceptible à l'œil nu, aussi bien à l'écran qu'à l'impression.

En deuxième lieu, le matériel choisi a une importance cruciale dans le comportement-même des utilisateurs. En effet, il y a encore quelques dizaines années, la logique des imprimantes personnelles était encore de mise, question de standing notamment : seuls bénéficiaient d'une imprimante les personnes d'une importance suffisamment grande. Comme tous les postes de travail n'étaient pas équipés de la même imprimante, des soucis logistiques pouvaient se poser quant au renouvellement des cartouches, de la maintenance, etc. Ensuite, est venue une volonté de rationalisation des équipements mais toujours dans une optique « imprimante », partagée par plusieurs personnes, les photocopieuses étant encore d'autres machines. L'ère des multifonctions a commencé il y a maintenant quelques années : une seule machine peut imprimer, copier, scanner et même parfois relier, et cela en noir et blanc et en couleur. Nul n'est besoin de préciser que plus on donne aux utilisateurs, plus ils en veulent. A l'époque où ils n'avaient qu'une petite imprimante noir et blanc, cela suffisait. Maintenant, on imprime toujours en couleur et de préférence pas en recto-verso parce que c'est embêtant ! Les avantages principaux des multifonctions sont les suivants : ils peuvent être gérés à distance, on peut sécuriser les impressions et contrôler la machine. C'est le point de départ pour une politique plus globale appelée MPS pour Managed Print Services. Les leaders dans ce domaine sont Xerox et HP²²⁷. La gestion à distance permet de surveiller les niveaux des cartouches pour commander les cartouches « just in time » et le papier. La sécurisation des impressions peut se faire via un code à introduire dans la multifonction ou via un badge²²⁸. La personne qui a lancé une impression récupère alors ses feuilles et uniquement les siennes. Si elle ne vient pas chercher ses impressions, le document est retiré de la file d'impression après un temps défini par le gestionnaire du parc. Cela permet d'éviter les « vols » de documents car on prend son impression et celle des précédents par erreur, la sécurisation des données sensibles car personne d'autre que le demandeur ne peut les recevoir²²⁹. On peut aussi se poser la question du scope des imprimantes multifonctions : pourquoi alimenter la multifonction en feuilles de format A3 si les utilisateurs s'en servent rarement²³⁰. C'est laisser une porte ouverte à ce que cela soit plus utilisé. Il est donc primordial de bien connaître ses besoins avant de vouloir passer à un système aussi contrôlé et aussi polyvalent. En effet, si un service a majoritairement besoin de scanner des documents, il vaut mieux, dans ce cas, investir dans un bon scanner que dans une multifonction qui ne

²²⁶ www.ecofont.com

²²⁷ [BERG1]

²²⁸ [GREN1]

²²⁹ [POLI1][GUID1]

²³⁰ [GREN1]

serait pas utilisée dans toutes ses capacités²³¹. De plus, il est nécessaire d'accompagner l'installation de multifonctions d'un logiciel de suivi (contrôles des coûts) et surtout, d'une conscientisation importante des utilisateurs²³². Les multifonctions ne doivent pas non plus remplacer tous les traitements qui devraient être faits par des professionnels (pliages, agrafages, etc.). Toutefois, on peut penser que l'avenir est dans les multifonctions, on remarque une croissance de 29 % par an sur ce marché²³³. Un des avantages principaux des multifonctions est qu'il est le premier pas vers la dématérialisation et vers une vraie gestion du cycle de vie des documents.

Enfin, la politique d'impression ne serait rien sans le contrôle des options d'impression, qui ne peut pas se départir d'un contrôle sérieux des résultats. Il est possible de jouer sur un ensemble de paramètres :

- Couleur/noir et blanc
- Qualité normale/qualité brouillon
- Recto/recto-verso
- Choix du bac d'impression (alimenté en papier blanchi et en papier non blanchi)
- Impression d'une page par feuille/impression multiple (2, 4, 8 pages par feuille, en livret)²³⁴

Le paramétrage standard la plus courante est noir et blanc, recto, qualité normale. Si on veut initialiser sur des valeurs économiques et écologiques, la meilleure combinaison est noir et blanc, qualité brouillon²³⁵, recto-verso, bac papier non blanchi. Il est difficile de paramétrer d'office un type d'impression multiple car ce paramètre dépend souvent fortement du document et de son orientation.

Au-delà de ces options par défaut, il est intéressant de limiter certaines options, comme les impressions en A3 ou les impressions couleur aux utilisateurs les plus à même d'en avoir besoin. Si cette limitation n'est pas possible, socialement parlant, il est possible d'attribuer des quotas au-delà desquels les impressions seront bloquées.

Il est aussi nécessaire d'effectuer un monitoring des impressions pour pouvoir visualiser clairement où se trouveraient encore les endroits, les services ou même les personnes qui sont les plus gros consommateurs de papier et d'impression. Cela permettra de voir si d'autres solutions alternatives comme la dématérialisation pourraient diminuer la demande. Le but d'avoir un système d'impression complet et monitoré est de ne pas nécessairement imprimer moins mais surtout imprimer mieux²³⁶.

²³¹ [GREN1]

²³² [BERG1]

²³³ [BERG1]

²³⁴ [COMM1][POL1]

²³⁵ [GUID1]

²³⁶ [BERG1]

Zoom sur le SPF économie

Contexte et démarche

Le Service Public Fédéral Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie a dans ses compétences différentes directions générales, à savoir :

- la concurrence
- l'énergie
- la régulation et organisation du marché
- le potentiel économique
- la politique des P.M.E.
- la qualité et la sécurité
- le contrôle et la médiation
- la statistique et l'information économique
- les télécommunications et société de l'information

Pour aider ces différentes directions dans leur travail, quatre services d'encadrement les supportent dans les tâches de gestion du personnel et organisation, du budget et contrôle de gestion, l'ICT²³⁷ et enfin la communication.

L'Union Européenne a mis en place en 1993 un outil d'aide à l'éco-gouvernance, appelé Eco-Management and Audit Scheme (EMAS). Celui-ci offre un cadre d'aide à la décision concernant l'éco-management sous un schéma Plan-Do-Check-Act²³⁸. La norme EMAS est plus stricte que la norme ISO14001 dans le sens où s'y ajoutent du rapportage public, l'implication des utilisateurs, le respect des cadres légaux et les vérifications de l'atteinte des objectifs par des organismes certifiants externes. Dans ce cadre, le SPF Economie montre une volonté réelle d'appliquer une gestion environnementale sérieuse. Pour y arriver, il a mis en place diverses politiques, et plus particulièrement une politique d'impression. Celle-ci s'attaque à plusieurs problématiques : uniformiser le parc d'imprimantes, supprimer totalement les imprimantes personnelles, mettre à disposition des imprimantes multifonctions, et enfin, mettre en place des statistiques. Il a aussi comme but annexe d'accélérer la réactivité du helpdesk en cas de panne.

La société Ricoh étant en contrat avec les différents SPF et en tant que partenaire de la société Equitrac²³⁹, le programme de cette dernière a été déployé en phase pilote dans l'équipe Cosmos (recherche et développement) du service ICT afin de le tester et en prendre la mesure. C'est dans ce cadre que nous avons pu voir en 2011 ce qu'il en était du déploiement d'une politique d'impression.

Le contrôle des quotas impressions ne se fait pas directement ni ouvertement. Toutefois, implicitement, le fait que chaque impression soit enregistrée pour pouvoir être imprimée partout est un frein réel aux impressions personnelles (hors du cadre professionnel). La peur du gendarme reste d'actualité.

²³⁷ Nom utilisé à l'intérieur du SPF à la partie IT.

²³⁸ Source : ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm

²³⁹ www.equitrac.com

La démarche vue côté IT

La mise en place de cette nouvelle gestion, plus rationalisée, a permis de faciliter la gestion des drivers, de permettre le nettoyage des PC des vieux drivers, d'avoir des configurations plus uniformes et donc, plus maintenables et enfin de mettre en place une politique d'impression rationnelle et économique. La conscientisation des utilisateurs s'est fait via de la documentation et des formations ad hoc.

On peut parler d'une vraie réussite et avec des retombées immédiates : davantage de conscience de l'impact des impressions et de respect des documents imprimés.

La démarche vue côté utilisateurs, hors IT

Lors de l'extension à d'autres directions générales, la démarche a tout de suite été confrontée à la résistance au changement. Personne n'avait envie de perdre « son » imprimante mais surtout être mis sous « surveillance ». Comme nous l'avons déjà dit, la peur du gendarme agissant, personne n'avait envie que tout le monde puisse savoir qui imprime quoi. Pourtant, dans le sens inverse, les impressions sécurisées doivent permettre une meilleure confidentialité des impressions : plus de « vol » de documents, plus de perte de document sensibles car seul le porteur du badge a le droit et la possibilité de retirer ses impressions.

De plus, un autre avantage est à retenir : il n'est plus question de devoir faire la file devant l'imprimante lorsqu'un collègue imprime une brique. Grâce à une imprimante virtuelle et plus physique, l'utilisateur peut aller devant n'importe quelle imprimante et recevoir son document sans attendre. Toutefois, des pratiques organisationnelles simples ont mis un frein à cette pratique. Par exemple, le directeur doit aller chercher ses documents lui-même et ne peut plus demander à sa secrétaire de le faire, sauf s'il donne son badge, ce qui est bien entendu formellement interdit. Dans la théorie, la délégation était utilisable dans Equitrac mais n'a pas été mise en place pour des raisons organisationnelles²⁴⁰.

Enfin, Equitrac permet de faciliter le télétravail, que ce soit au domicile ou en bureaux satellites : aucun besoin de transporter les documents dont on a besoin en version papier. Vous pouvez lancer l'impression au siège central et la récupérer dans un bureau satellite. De la même façon, on peut imprimer de la maison et la recevoir au siège central le lendemain. Tout cela est géré via l'imprimante virtuelle et une queue d'impression qui stocke les documents un certain temps²⁴¹ avant effacement si on ne récupère pas les impressions.

Des règles automatiques d'économie d'échelle ont aussi été mises en place. En effet, si une impression dépasse un niveau défini (fixé par service)²⁴², le travail est redirigé vers le centre d'impression. Cela permet de rendre à ces centres les travaux qui auraient dû leur revenir car ils possèdent des machines plus adaptées pour traiter de tels volumes. On

²⁴⁰ Notamment la peur des abus : délégations indues, délégations incorrectes, etc..

²⁴¹ Paramétrable en Equitrac. Déployé sous le régime 72 heures au SPF.

²⁴² Paramétrable en Equitrac. Déployé sous le régime de 250 pages maximum au SPF.

peut aussi bloquer l'accès au papier à en-tête, aux impressions A3 couleur ou A4 en couleur pour combattre les abus.

Alors que le succès avait été au rendez-vous dans le déploiement du côté IT, les utilisateurs du côté non informatique ont montré une réticence importante vis-à-vis du nouveau fonctionnement. La communication du sens et de la logique de la démarche devant être réalisée via le Single Point OF Contact de chaque direction générale, elle n'a pas été optimale dans la transmission des informations. En effet, les explications ont, semble-t-il, été parcellaires, voire inexistantes. Le résultat en a été un vent de révolte : les utilisateurs ne comprenant pas les raisons, ils ont considéré qu'on leur imposait une nouvelle façon de travailler, avec des contrôles et la perte d'avantages personnels, comme avoir « sa » propre imprimante. De plus, l'ignorance du fonctionnement du nouveau matériel et des avantages des multifonctions a fait le reste du travail : les imprimantes sont mal et sous-utilisées par rapport à leurs capacités.

Durant un premier temps, pour éviter le tollé, on a commencé par mettre en place l'impression non sécurisée. Pour différencier les travaux de chacun, une feuille de séparation a été adjointe. Cela a conduit à l'effet inverse de celui escompté : explosion du gaspillage de papier et d'encre. Très vite, cette pratique a été abandonnée et comme résultat, à part les quelques utilisateurs avertis qui utilisent l'imprimante virtuelle et leur badge, le SPF continue à fonctionner comme avant : tout le monde doit trouver ses feuilles dans des tas d'impressions avec tous les désavantages que cela comporte toujours.

Les leçons

Les leçons à tirer de cet exemple sont légion. Premièrement, pour ce qui est des impressions sécurisées, le système de badge n'est pas « ouvert »²⁴³. Il faut donc que chaque personne s'identifie au moins une fois dans le système pour que le système la connaisse. Avec 3000 collaborateurs et différents sites en Belgique, comment organiser cela ?

Deuxièmement, dans l'étude qui a été réalisée, on n'a pas tenu compte des données concernant l'augmentation du trafic entre les bureaux satellites et le siège central. Les lignes avec les bureaux satellites doivent donc être augmentées. Ceci représente aussi un frein important car, paradoxalement, elles ne sont pas de la compétence du SPF mais de la Régie des Bâtiments, service indépendant de tous les SPF, qui gère l'ensemble des bâtiments et des infrastructures de l'Etat.

Enfin, le personnel, dans son ensemble, doit être formé face à cette machine inconnue qu'est la multifonction et les nombreuses capacités qu'elle a (recto-verso, agrafage, impression en livret, etc.). Du point de vue du service ICT, il est souvent très difficile de comprendre la résistance au changement et la complexité que cela représente pour le personnel. Malgré une communication par mail et intranet, le fait que S3, le service ICT, soit indépendant creuse le fossé de l'incompréhension.

²⁴³ C'est-à-dire que les informations ne sont pas lisibles dans un fichier quelconque. Il est donc impossible d'enregistrer tous les utilisateurs automatiquement.

Etant passé d'un milieu à l'autre (de l'ICT vers une partie plus business du SPF), nous avons pu, grâce à une présence plus proche, intégrer dans le travail de tous les jours des utilisateurs les bonnes pratiques. Cela prouve, autant que faire se peut, que tout changement de philosophie de travail nécessite aussi bien du temps que de l'investissement humain, sous peine de perdre tous les avantages d'une démarche écologique et économique justifiée. La situation actuelle du SPF, dans la majorité des services, est victime du manque de formation et d'information.

5.2 Incitants

Dans ce point, nous verrons quelques raisons qui poussent les entreprises à se lancer dans l'aventure du Green IT. En effet, quand une société fonctionne bien, elle n'a pas de raison autre qu'économique de vouloir avoir une informatique plus verte. Toutefois, outre cette volonté purement orientée sur la réduction des coûts, certains incitants poussent ou permettent à tout un chacun de faire du Green IT, que ce soit issu d'une volonté délibérée ou parfois, presque par hasard. Nous commencerons par aborder les différents incitants légaux, pour expliquer ensuite, les paramètres économiques qui servent de levier au Green IT. Dans ce niveau économique, nous verrons les différents principaux labels qui peuvent pousser une entreprise ou un particulier à acquérir tel ou tel équipement plutôt que d'autres. Nous terminerons par les avantages sociaux qui font du Green IT un pallier incontournable pour une évolution des mentalités.

5.2.1 Légaux

De nombreuses directives et lois poussent ou obligent les sociétés et les producteurs d'équipements à prévoir une politique verte dans leurs activités²⁴⁴. L'objet de ce mémoire n'est pas de faire le point sur toutes ces réglementations nationales, européennes ou même mondiales. Il faudrait aussi y associer les nombreux niveaux de pouvoir existants en Belgique, du communal au régional. Nous nous attarderons donc sur quelques-unes d'entre elles, qui offrent structure et forme aux initiatives.

Dans le cycle de vie d'un matériel, nous pouvons citer la directive RoHS. L'acronyme signifie « *Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment* », c'est à dire « restriction de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques ». Nous avons déjà parlé de cette directive dans le chapitre sur la réduction de l'impact écologique du matériel. Plus qu'incitative, cette directive européenne est contraignante. Dans la fin de vie des équipements électroniques, il existe des directives aussi concernant la traçabilité des déchets²⁴⁵. Il s'agit de la directive DEEE. En effet, comme tout déchet potentiellement

²⁴⁴ [ENVI1]

²⁴⁵ [MITT1]

dangereux, à l'image des déchets nucléaires, la communauté aime savoir où se trouvent les matériaux qui ont servi à la construction des matériels. L'Union européenne est aussi à l'origine de la directive instaurant les écotaxes pour la récupération des piles et des batteries.

Dans le domaine de la dématérialisation, les états ont institutionnalisé le fait qu'un document électronique a autant de valeur que les documents papier. Cependant, il reste des législations contradictoires, comme les formules « le cachet de la poste faisant foi »²⁴⁶.

5.2.2 Economiques

Le premier incitant économique du Green IT est bien entendu la réduction des coûts²⁴⁷ et la compétitivité sur un marché très concurrentiel. En effet, la facture énergétique et le coût des équipements représentent un budget important dans une société. Réduire ces deux postes semblent donc une évidence. L'autre incitant important du Green IT est le prestige et l'image qu'une société offre vers l'extérieur, en fonction de son implication dans les préoccupations environnementales²⁴⁸. Ainsi, une société se montrant respectueuse de son environnement montre en même temps son respect de la Terre, de l'espèce humaine et par métonymie, de ses clients. De la même façon que certaines entreprises de l'industrie sylvicole plantent un autre pour chaque arbre abattu, afin de compenser la perte, certains constructeurs proposent une initiative similaire. Ainsi, Dell a mis en place la logique de « Plant a tree for me »²⁴⁹. Si un individu possède un ordinateur, un écran ou n'importe quel équipement Dell, il peut se rendre sur le site Internet de Dell et effectuer une donation qui servira à favoriser la reforestation d'une façon équivalente à la consommation CO₂ de l'équipement choisi. Bien-sûr, dans ce cas, il s'agit encore d'une initiative du client final mais Dell a le mérite de le proposer. D'autres sociétés proposent de primes à l'innovation verte. Ainsi, un concours en Angleterre, sponsorisé par de grands constructeurs, récompense les projets montrant une grande efficacité énergétique²⁵⁰. Il est évident qu'il est tentant de surfer sur la vague verte. Nous verrons plus loin que cette dérive existe bel et bien.

Le levier économique le plus facile à appréhender dans le cas des matériels informatique est la prépondérance d'un certain nombre de labels, permettant de promouvoir le côté vert des équipements. Il faut savoir que, comme dans toute activité humaine, l'excès nuit en tout, la multiplication des labels n'est pas nécessairement un bien. En effet, cela risquerait de grever leur crédibilité et les déforçerait²⁵¹. Toutefois, acheter un équipement muni d'un label est un gage d'avoir au moins fait l'objet de contrôles ou tout du moins, eu la volonté de s'y soumettre. La multiplicité des labels est cependant nuancée par le fait que les objets ou les notions sur lesquels ils s'appliquent sont variés. Les portées des

²⁴⁶ [CHAM1]

²⁴⁷ [GUID1][PETI1]

²⁴⁸ [ENVI1]

²⁴⁹ « Plantez un arbre pour moi » [SANG1]

²⁵⁰ [BORD16]

²⁵¹ [PETI1]

labels dont nous allons parler ne sont pas identiques : certains sont européens et d'autres connus à l'échelle mondiale. Que la portée soit internationale ou européenne, voire nationale, comme nous l'avons dit, ces labels sont cependant devenus incontournables²⁵². Nous avons pris le parti de reproduire les logos pour conscientiser le lecteur à la présence de ces logos sur les équipements qu'il possède ou qu'il désire acquérir.

Zoom sur les labels du Green IT

EPEAT²⁵³



Figure 16 : Logo EPEAT

Le label Epeat est établi par le Green Electronics Concil (GEC), programme de l'International Sustainable Development Foundation, une fondation d'origine américaine, basée à Portland, en Oregon. Fondée en 1997, elle s'occupe de mettre ensemble des représentants de l'industrie, des gouvernements, des universités et des organisations non gouvernementales pour essayer de créer un monde plus durable.

Il promeut essentiellement les équipements les mieux éco-conçus selon 51 critères, issus de la norme environnementale IEEE 1680-2006²⁵⁴. Ces critères contiennent notamment la norme Energy Star dont nous parlerons dans la suite et mesurent l'efficacité énergétique et la durabilité des produits. Dans les critères sur lesquels on juge les équipements, 23 sont obligatoires pour recevoir le label. Les 28 critères facultatifs déterminent le niveau en fonction du nombre de tests passés avec succès : Bronze, Silver ou Gold.

Les critères concernent toutes les étapes du cycle de vie du matériel. Pour la production, le label insiste sur la réduction ou l'élimination des substances dangereuses, le choix de composants respectueux de l'environnement et la prévision de la fin de vie, dès la conception. Durant la vie du matériel, le label considère la durabilité maximum et l'économie d'énergie. Dans la fin de vie, EPEAT estime les capacités de recyclage et d'élimination des emballages.

Selon leur rapport annuel de 2011, l'application de la norme EPEAT pour les équipements qui ont reçu la certification aurait permis une limitation importante des

²⁵² Comme il n'était pas possible de tous les citer, nous renvoyons le lecteur vers le site www.infolabel.be qui rassemble de nombreux labels et leur signification.

²⁵³ Electronic Product Environmental Assessment Tool (outil d'évaluation environnementale des produits électroniques). Informations tirées du site internet du label.

Source du logo : www.epeat.net

²⁵⁴ [PET11]

déchets et des impacts sur l'environnement, à savoir l'économie de 143 millions de tonnes de matières premières, 9 millions de tonnes d'équivalent CO₂, 9700 tonnes de produits chimiques toxiques, 690 000 tonnes d'eau potable et 90 millions de MWh d'énergie²⁵⁵.

Toutefois, la norme EPEAT a une limite. Celle-ci est soumise à un principe d'auto-certification. Il peut donc être considéré comme devant être pris avec précaution. Pour éviter les écueils qu'une auto-certification peut causer, le GEC réalise régulièrement des coups de sonde dans les équipements portant son label pour vérifier la correspondance aux critères.

Energy Star²⁵⁶



Figure 17 : Logo Energy Star

Energy Star est probablement le plus connu des labels énergétiques. Créé en 1992 par l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA), il vise à labelliser les équipements de bureau, quels qu'ils soient, comme efficaces d'un point de vue énergétique, en veille ou en marche. Après avoir été étendu à d'autres pays comme le Japon et l'Australie, l'EPA a conclu un accord de partenariat avec l'Union Européenne en 2001. Le label est ouvert à tous les équipements de bureau, mais plus couramment aux ordinateurs de bureau, ordinateurs portables, écrans, imprimantes, multifonctions, etc. Il peut aussi être attribué à des équipements électro-ménagers, à des bâtiments et même à des maisons individuelles. Toutefois, le label est le plus souvent appliqué sur les écrans et les imprimantes. Au point de vue ordinateurs, seuls quelques appareils y satisfont, car le label est très élitiste²⁵⁷.

Le label Energy Star est cependant aussi un label auto-certifié, comme EPEAT. Le constructeur doit certifier « sur l'honneur » que les équipements sur lesquels il applique le logo Energy Star répondent parfaitement aux critères définis par le programme. Nous n'avons pas trouvé de preuve ou d'indication que les équipements sont contrôlés à un moment ou à un autre. Toutefois, les constructeurs se doivent de communiquer chaque année la liste complète des équipements correspondants aux conditions d'Energy Star, sous peine d'être exclus du programme et de ne plus pouvoir apposer le logo.

²⁵⁵ [BORD2]

²⁵⁶ Informations tirées notamment du site internet du label. Source du logo : www.eu-energystar.org/fr/

²⁵⁷ [PET11]



Figure 18 : Logo FSC

L'organisation FSC (Forest Stewardship Council) est internationale, indépendante, non gouvernementale et à but non lucratif. Elle a été créée en 1993 à la suite du Sommet de la Terre de Rio en 1992. Elle prône une exploitation responsable des forêts. Elle comporte trois certifications de niveaux différents :

- FSC 100 % : toute la fibre de bois utilisés dans le papier provient de forêts exploitées durablement, certifiées FSC
- FSC Mixte : le papier est constitué de fibres de bois issues de forêts certifiées FSC et de matières recyclées certifiées FSC
- FSC Recyclé : 100 % du produit est issu de matières recyclées

La certification FSC n'est accordée que sur contrôle de toute la chaîne de production, de l'abattage à la transformation et ce, uniquement via un bureau d'experts indépendants. De plus, il n'est pas question de s'auto-certifier car le logo FSC doit, sauf manque de place sur l'emballage, être accompagné du numéro d'identification unique de la certification. La validité de ce code d'identification est même consultable sur Internet²⁵⁹, cela afin de forcer la transparence et la fiabilité du label.

Dans nos recherches, nous avons noté de nombreuses polémiques sur FSC et notamment sur le fait que FSC certifierait plus de forêts du Sud de la planète au détriment des forêts du Nord. L'effet serait que la déforestation, même plus contrôlée et mitigée, resterait le fait des pays où la forêt équatoriale est déjà menacée.

Toutefois, nous pouvons dire qu'il semble toujours plus intéressant de tout de même se procurer du papier labellisé, contrôlé et soucieux de son impact. Le côté négatif d'un label comme celui-ci peut cependant donner un sentiment d'« impunité », dans le sens où certains utilisateurs se disent : si c'est issu de forêts gérées durablement, nous pouvons gaspiller ; ce n'est pas grave. Le label ne suffit donc pas, la conscientisation du problème de l'exploitation des forêts doit rester d'actualité.

²⁵⁸ Forest Stewardship Council. Informations sur le label tirées du site Internet du label. Source du logo : www.fsc.be.

²⁵⁹ Vérifiable sur info.fsc.org.

NF environnement²⁶⁰



Figure 19 : Logo NF Environnement

La marque NF environnement est une certification définie et contrôlée par l'AFNOR, une association internationale d'origine française. Elle a été créée en 1991. Elle « distingue les produits dont l'impact sur l'environnement est réduit »²⁶¹, à conditions de comparer des performances identiques. Elle se spécialise d'un point de vue Green IT dans la certification des cartouches laser.

TCO²⁶²



Figure 20 : Logo TCO

TCO est une certification suédoise, créée en 1992, à destination initialement des moniteurs mais étendue à l'heure actuelle à l'ensemble de l'équipement informatique, à savoir les ordinateurs, les serveurs, téléphones et imprimantes²⁶³. Elle a été mise en place par TCO Development, une organisation à but non lucratif, basée à Stockholm. Celle-ci est une organisation syndicale suédoise pour le personnel de bureau²⁶⁴.

Elle s'occupe de vérifier la qualité des équipements en fonction des critères suivants²⁶⁵ :

- Ergonomie
- Rayonnement électromagnétique

²⁶⁰ Informations tirées du site internet du label. Source du logo : www.marque-nf.com

²⁶¹ Tiré de www.marque-nf.com/pages.asp?ref=gp_reconnaitre_nf_nfenvironnement&Lang=French

²⁶² Informations tirées du site internet du label. Source du logo : tcodevelopment.com

²⁶³ tcodevelopment.com et [GREN1]

²⁶⁴ Swedish Confederation of Professional Employees (tcodevelopment.com)

²⁶⁵ [GUID1]

- Consommation réduite d'énergie
- Correspondance à la certification ISO 14001
- Faible bruit
- Répond aux critères de la directive RoHS
- Répond à des critères précis de recyclabilité

TCO Certified est un label qui répond à des normes strictes de certification, dans le sens où celle-ci est accordée uniquement via un bureau indépendant. Les marques ne peuvent en aucun cas s'auto-certifier.

Le nombre de produits labellisés « TCO certified » est relativement important, comme le site internet de TCO le montre. Nous n'avons trouvé aucune marque de doute quant à ce label.

Norme 80Plus²⁶⁶



Figure 21 : Logo 80Plus

La norme 80Plus est une norme issue de la société Ecos Consulting, née en 2004. Elle régit l'efficacité énergétique des alimentations électriques. Le « 80 » du label garantit qu'au moins 80 % de l'alimentation reçue par le bloc est bien distribuée au reste de l'équipement informatique. L'avantage de la redistribution presque totale du courant entrant dans l'appareil à ses équipements est une des conditions à la durabilité (durée de vie augmentée). La consommation est aussi moindre, étant donné le peu de pertes. Il illustre donc les « alimentations haut rendement qui convertissent le courant alternatif en courant continu, distribué avec une perte d'énergie minimum »²⁶⁷. Les équipements sur lesquels est apposé le logo 80Plus sont aussi moins bruyants et chauffent peu.

Au départ décliné en quatre niveaux (standard, bronze, argent, or), le label a dû se garnir de deux niveaux supplémentaires suite à l'amélioration constante des performances des alimentations : platine et titane. L'attribution du label se fait après une batterie complète de tests, sous différents taux de charge.

²⁶⁶ Informations tirées du site internet du label. Source du logo : www.80plus.org

²⁶⁷ [LANG1]

Les taux de redistribution de l'alimentation sont définis ci-dessous.

80 PLUS Test Type	115 V Internal Non-Redundant			230 V Internal Redundant			
Taux d'utilisation de l'alimentation	20 %	50 %	100 %	10 %	20 %	50 %	100 %
80 PLUS	80 %	80 %	80 %	Non défini			
80 PLUS Bronze	82 %	85 %	82 %	---	81 %	85 %	81 %
80 PLUS Silver	85 %	88 %	85 %	---	85 %	89 %	85 %
80 PLUS Gold	87 %	90 %	87 %	---	88 %	92 %	88 %
80 PLUS Platinum	90 %	92 %	89 %	---	90 %	94 %	91 %
80 PLUS Titanium	Inexistant			90 %	94 %	96 %	91 %

Le choix d'une alimentation respectant les critères du label est donc toujours une bonne initiative. Les niveaux les plus compétitifs (platinum et titanium) sont les plus efficaces mais sont généralement réservés aux serveurs des data centers.

ASHRAE²⁶⁸



Figure 22 : Logo ASHRAE

La société américaine des ingénieurs en chauffage, refroidissement et conditionnement d'air ont créé une certification, essentiellement destinée, pour le Green IT, au personnel des data centers, qui ont les plus gros besoins en conditionnement d'air. L'association certifie ainsi les professionnels ayant fait preuve de volonté d'agrandir leur expertise dans les domaines maîtrisés par l'ASHRAE et répondent à un ensemble de spécifications. Les candidats à la certification doivent rentrer un dossier où ils expliquent comment ils pensent répondre aux critères. Si la demande est acceptée, ils doivent passer un examen. De plus, la certification est payante et renouvelable chaque année. Il est donc difficile de juger si la certification des employés d'un data center donne un meilleur score au data center, au point de vue consommation et conditionnement d'air. On ose espérer, comme la certification est payante et relativement difficile à obtenir, que ce que les personnes ont appris soit appliqué d'une façon ou d'une autre mais il n'y a aucune garantie.

La société émet aussi une liste de recommandations sur le conditionnement d'air, comme l'augmentation du réglage de température pour diminuer la consommation²⁶⁹, comme nous en avons parlé plus haut.

²⁶⁸ American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Informations tirées du site Internet de la société.

Source du logo : www.ashrae.org



Figure 23 : Logo Ecolabel Européen

L'écolabel européen, aisé à reconnaître, a été créé en 1992 par la Commission Européenne. Les critères qu'il examine sont revus tous les trois à cinq ans afin de correspondre à l'évolution du marché. Les critères sont définis de sorte que seulement 10 à 20 % des produits présents sur le marché puissent être labellisés. Ils sont répartis en plusieurs catégories :

- la qualité de l'air
- la qualité de l'eau
- la protection des sols
- la limitation des déchets
- les économies d'énergie
- la gestion des ressources naturelles
- la prévention du réchauffement planétaire
- la protection de la couche d'ozone
- la sécurité environnementale
- les nuisances sonores
- la biodiversité

Il est plus sévère que des labels comme Energy Star. Il prône aussi des interdictions de certaines matières comme le mercure et les phtalates, alors que d'autres labels en demandent simplement la limitation. Les produits doivent contenir au moins 10 % de matériaux recyclés, avoir une durée de vie suffisante (via l'obligation de pièces de rechange pour 5 ans, une recyclabilité optimale, soit facilement démontables, être préréglés en mode économie d'énergie. Les produits doivent aussi être accompagnés d'un mode d'emploi sensé sensibiliser les utilisateurs aux économies d'énergie et lui expliquer comment le faire au mieux²⁷¹.

²⁶⁹ [GUID1]

²⁷⁰ Informations tirées du site Internet de la société. Source du logo : www.ecolabel.eu

²⁷¹ [BORD4]

L'attribution de l'écolabel européen se fait via l'introduction d'une demande payante dans l'organisme compétent du pays de l'Union Européenne où le produit est fabriqué ou importé. Cette demande doit être motivée et justifiée (preuves d'éligibilité au label). Si elle est acceptée, les produits sont alors testés en laboratoire et la décision de l'organisme national est alors transmise à la Commission Européenne, qui introduit le produit dans sa base de données « Ecolabel catalogue »²⁷².

L'écolabel européen est valable tout le temps où les critères d'attribution utilisés pour les tests en laboratoire restent valables. Si les critères changent, l'écolabel est réévalué et la décision communiquée au fabricant ou à l'importateur. Les critères sont tous consultables sur le site du label.

A côté de cet écolabel, on peut trouver un « Code of Conduct », dont l'acronyme existant sur le web est CoC, permettant de définir un ensemble de « meilleures pratiques ».



Figure 24 : Code of Conduct data centers

Il a été lancé en 2008 par l'Institut pour l'Energie et les Transports de l'Union Européenne²⁷³. Ce code a d'abord été défini pour les data centers avant d'être étendu à d'autres équipements informatiques et électriques, comme les téléviseurs, les bandes passantes, etc²⁷⁴.

Blauer Engel²⁷⁵



Figure 25 : Logo Blauer Engel

Créé en 1977, l'Ange bleu (Blauer Engel) a été un des premiers labels écologiques au monde. Il est d'origine allemande. Il est décerné par un jury multidisciplinaire (le Jury Umweltzeichen), composé de représentants des associations de défense de l'environnement, de défense des consommateurs, de syndicats, de l'industrie, des autorités

²⁷² Consultable à l'adresse ec.europa.eu/ecat.

²⁷³ Informations tirées de iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ict-codes-conduct/data-centres-energy-efficiency

²⁷⁴ [GREE4]

²⁷⁵ Source du logo : www.blauer-engel.de

locales, de la science, des médias, des églises et des états fédéraux allemands. Le jury se réunit deux fois par an. Le label en tant que tel est un label étatique, propriété du Ministère Fédéral allemand de l'Environnement. On ne compte pas moins de 11 000 produits certifiés "Der Blauer Engel" dans le monde entier. Le label peut être divisé en 4 composantes : la protection de l'environnement et de la santé, la protection du climat, la protection de l'eau et celle des ressources. Les critères d'attribution du label sont consultables sur le site Internet du label, par catégorie de produit.

Dans notre pays, la plus grande audience du label se situe surtout dans le domaine du papier. Ce label est souvent utilisé à l'instar du label FSC pour les papiers d'origine d'Europe de l'Est.

5.2.3 Sociétaux

Responsabilité sociale et environnementale

Quand nous parlons d'incitants sociétaux, nous voulons aborder le point de vue de la société envers des individus ou des entreprises qui initient une démarche de Green IT. En effet, une entreprise ne se lance que rarement dans une démarche Green IT par pur altruisme ou volonté d'être écologique. En effet, l'effort consenti pour rendre son informatique écologique fait partie d'une raison plus globale et fondamentale : c'est la responsabilité sociale et environnementale. L'acronyme RSE est utilisé pour identifier cette notion. En anglais, il se trouve dans la littérature comme CSR (Corporate Social Responsibility). Il s'agit de l'idée que chaque individu et chaque entreprise porte, via ses actions, une responsabilité vis-à-vis de la société dans son ensemble et plus largement envers son environnement. Toutes les activités humaines ayant un impact sur la planète et par extension sur les hommes, participent à alléger ou à alourdir leur charge sur le reste du monde. Le Green IT est donc bien une volonté de réduire cette charge en agissant sur la partie informatique²⁷⁶ des activités humaines.

Malheureusement, il arrive souvent que la notion de RSE soit essentiellement prise en compte à condition que les efforts soient publiés et reconnus par la communauté internationale. Ainsi, on note une série d'initiatives décriées comme celle d'Apple. La firme américaine a lancé en 2007 un programme « Greener Apple » alors qu'elle est une entreprise dont une des activités principales s'appuie sur une certaine obsolescence programmée, notamment via la difficile réparabilité de ses équipements. Cela a été dénoncé entre autres par Greenpeace²⁷⁷. A l'inverse, une entreprise comme Nokia promeut la durabilité de ses équipements et se tourne vers des systèmes plus génériques que propriétaires (rechargement par USB et plus via un chargeur spécifique, par exemple). Les initiatives Green IT sont donc parfois la victime du « greenwashing » : améliorer son image de marque en ayant l'air plus vert, en l'étant peut-être mais seulement pour « faire bien ».

²⁷⁶ [ENVI1]

²⁷⁷ [ENVI1]

Ainsi, certaines marques s'autoproclament vertes alors que seuls certains produits sont fabriqués ou vendus de manière durable²⁷⁸. Le désavantage principal de ce phénomène de greenwashing est de déformer des initiatives qui peuvent être réelles. Le consommateur lambda peut perdre confiance dans les initiatives ainsi proclamées indûment. Dans ce cas, l'image de marque n'est pas améliorée mais dégradée. Comme dans beaucoup de cas, la transparence des produits et des équipements doit donc être la plus complète possible. Certaines ONG²⁷⁹ comme Greenpeace ou le WWF essaient de faire le tri entre les différentes sociétés et leur niveau de respect de l'environnement, avec plus ou moins de succès. Un groupe de presse canadien, MacLean's, fournit même un top 50 des entreprises les plus écoresponsables²⁸⁰, en documentant les critères qui lui ont permis de faire entrer celles-ci dans le classement²⁸¹. Dans le classement reproduit en annexe, nous trouverons certains des plus grandes sociétés informatiques, comme HP et Dell mais nous remarquerons aussi l'absence de certains géants, comme Microsoft ou Google. Bien-sûr, ce classement a été établi par un journal canadien dont le point de vue est probablement orienté vers les sociétés se trouvant en partie sur son territoire. La responsabilité sociale et environnementale, comme nous l'avons dit, comporte beaucoup d'autres paramètres que l'optique verte de l'informatique. Il concerne aussi le respect des populations et des employés, la durabilité des ressources et la diversité (égalité des races, des sexes).

Dans ce contexte de responsabilité et de support au développement personnel de ses employés, certaines entreprises ont fait le choix d'orienter une partie de leurs activités vers le télétravail. Il s'agit d'une des initiatives pouvant faire partie d'une démarche complète issue d'une volonté d'avoir une informatique estampillée « Green IT ».

Zoom sur le télétravail

Le principe du télétravail, ou travail à domicile, est de permettre aux employés de prester une partie de leur temps de travail hors d'un lieu centralisé, représenté souvent par le siège de la société, une de ses implantations ou une filiale. Cela peut aussi se faire via des établissements décentralisés. En France, cela se traduit par des bureaux départementaux à distance des services centraux de la capitale. En Belgique, cela peut se traduire par des bureaux régionaux ou provinciaux pour une société dont l'activité principale est à Bruxelles. Par exemple, les employés du SPF Economie²⁸² ont l'occasion, soit de demander l'autorisation de télétravail un à deux jours par semaine, soit de se rendre dans un bureau satellite près de leur lieu d'habitation. Les avantages du télétravail sont multiples :

- moins de déplacements (domicile-lieu de travail mais aussi déplacements professionnels)²⁸³
- meilleur équilibre vie privée vie professionnelle

²⁷⁸ [GUID1][ENVI1]

²⁷⁹ Organisations non gouvernementales

²⁸⁰ Source : www2.macleans.ca/2010/06/14/social-responsible-corp-2010

²⁸¹ Liste se trouvant en annexe.

²⁸² Service public Fédéral Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie : voir contexte plus haut.

²⁸³ [PETI1][JOYE1]

- meilleur aménagement du territoire (dégorgement des grandes villes)²⁸⁴
- augmentation de la performance due à l'amélioration des conditions de travail²⁸⁵
- rationalisation maximum des bâtiments (moins de personnes simultanément dans un espace de travail défini)
- réduction des flux papiers et amélioration obligatoire de la communication et des outils collaboratifs

Il est évident que le télétravail a aussi son lot de paramètres défavorables. En effet, le télétravail peut nuire au lien social²⁸⁶ et à l'esprit d'équipe. De plus, alors qu'il est sensé améliorer le rapport vie privée vie professionnelle, un employé ne doit même pas être trop zélé pour être tenté de voir « ce qui se passe au bureau », et cela même pendant ses jours de congé. De plus, comme il est susceptible d'être appelé quand il est en télétravail, il sera tenté de se sentir joignable tout le temps. Dans l'autre direction, le télétravail est aussi la porte ouverte aux employés qui seraient tentés d'en faire moins à la maison que dans un lieu de travail classique, et cela volontairement ou non. De fait, rester seul à la maison peut permettre de se concentrer mais aussi d'être déconcentré par la vie quotidienne. C'est pourquoi le cadre réglementaire de la société et le cadre « moral » que se met lui-même l'employé doivent être suffisamment clair pour éviter ces deux types de dérives. Les attentes de chaque côté et la façon dont les performances seront évaluées doivent être définis de manière la plus SMART²⁸⁷ possible.

En quoi les directives que peut amener la logique du Green IT sont-elles des portes qui peuvent permettre de rendre plus accessible la pratique du télétravail ? Nous avons vu que de nombreux outils développés ou améliorés dans le cadre d'une démarche Green IT sont porteurs pour le télétravail. En effet, la dématérialisation est une des premières initiatives à prendre pour permettre le télétravail : elle permet de travailler sur un dossier sans déplacement fastidieux de la documentation nécessaire à la réalisation de celui-ci. Elle couvre non seulement les documents papier mais peut aussi être considérée dans un sens plus axé sur la communication : le principe des téléconférences, déjà connues via la téléphonie, doit être étendu à la vidéo et aux outils collaboratifs, permettant de partager un même écran ou un même document²⁸⁸.

En deuxième lieu, la réalisation de workflows permettant la fluidité des échanges et des informations peut être l'occasion d'augmenter la productivité et la « performance opérationnelle et financière »²⁸⁹. En effet, les workflows permettent d'identifier les goulots d'étranglement, de définir des chemins critiques dans les processus et d'optimiser ceux-ci.

²⁸⁴ [PETI1]

²⁸⁵ [PETI1]

²⁸⁶ [CHAM1][EVOL1]

²⁸⁷ Spécifique, Mesurable, Atteignable, Relevant et défini dans le Temps.

²⁸⁸ [JOYE1]

²⁸⁹ [JOYE1]

Le Green IT n'est alors plus un but en soi mais surtout un moyen. Nous verrons ce pont dans le chapitre suivant.

A mi-chemin entre le travail dans un bureau fixe et le télétravail, se trouvent les initiatives BYOD (« Bring your own device ») dont nous avons parlé plus haut. Comme nous l'avons déjà dit, ce mode de fonctionnement est une porte ouverte aux exagérations, voulues ou non, et à l'empiètement sur le domaine de la vie privée. Toutefois, c'est aussi une possibilité pour que, à terme, un utilisateur n'ait besoin que d'un seul appareil, qu'il soit privé ou professionnel, pour satisfaire aux besoins des deux sphères. Ce chemin est encore long car de nombreuses questions se posent encore : non seulement, celle du respect de la vie privée et le cadre réglementaire, mais aussi celle de la mesure des performances, du partage des coûts de l'équipement et des infrastructures nécessaires (connexion haut débit au domicile, carte SIM pour pouvoir avoir accès de manière mobile au réseau de l'entreprise, etc.) et surtout fondamentalement l'appartenance du matériel et de ce qui s'y trouve stocké, à savoir, tout ce qu'il s'y trouve d'immatériel. En d'autres termes, il subsiste des interrogations sur le dépassement sur la vie privée mais aussi le respect de celle-ci et des impacts qu'elle pourrait avoir sur un matériel partagé. Par contre, ces désavantages ne doivent pas faire oublier que cela peut conduire à une réduction de 50 %²⁹⁰ des appareils et de leur consommation, un gain non négligeable au vu des nombreux postes de travail, au sens large du terme, auxquels une seule personne peut avoir accès : PC du travail, PC personnel, tablette, ordinateur portable, smartphone, etc.

²⁹⁰ Au minimum si une personne travaille sur un PC au bureau et son PC personnel à son domicile.

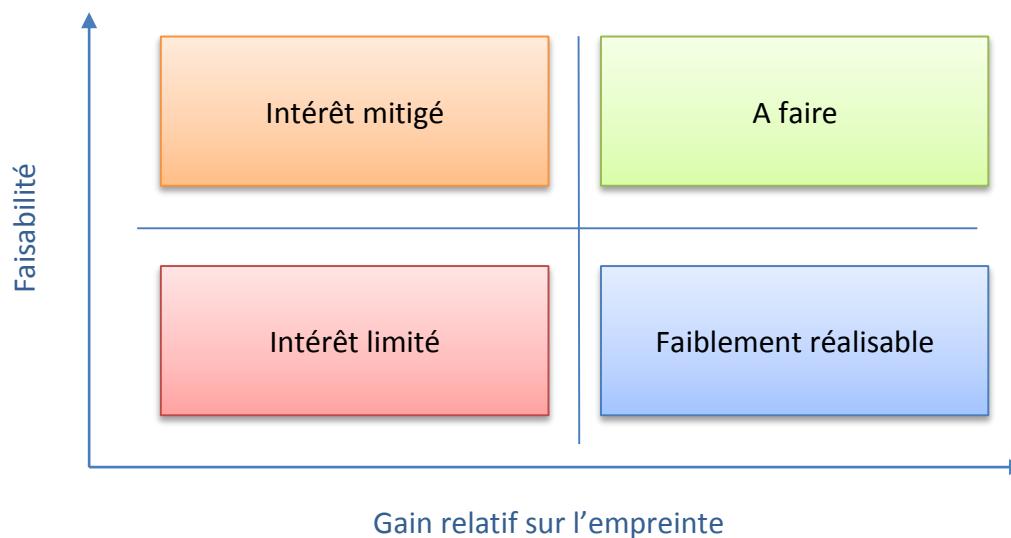
5.3 Magic Quadrant du Green IT²⁹¹

5.3.1 Démarche

Dans le cadre de notre milieu professionnel, nous avons été confrontés à l'utilisation du concept du Magic Quadrant, comme défini par Gartner. Il nous a semblé intéressant d'utiliser cette technique dans le cadre de ce mémoire. Dans la littérature, il est utilisé à l'origine pour différencier les différents acteurs du marché industriel de l'informatique en fonction de deux critères : la complétude de leur vision du marché vers le futur et de leur capacité à réaliser leur vision. Cela a permis de définir 4 quadrants dans lesquels se positionnent les entreprises :

- Challengers : capacités hautes mais peu de vision de l'évolution du marché
- Niche players : peu de capacités et peu de vision, travaillent sur un segment bien défini du marché
- Leaders : beaucoup de capacités et suivent bien la vision de l'évolution du marché
- Visionaries : Ont une bonne vision d'où va le marché mais ne sont pas capables de suivre

Pour les initiatives Green IT, les deux axes que nous proposons sont les suivants : faisabilité et gain sur l'empreinte. Nous allons donc recevoir un Magic Quadrant qui se trouvera lui aussi découpé en 4 zones que nous avons définies comme telles :



L'échelle de faisabilité est comprise de cette façon : l'investissement de moyens en termes de temps et de finances est plus ou moins élevé. Pour certains cas de figures, nous avons estimé ce taux à 0 %, dans le cas où les initiatives ne seraient pas pertinentes : pour un

²⁹¹ Source : site internet de Gartner www.gartner.com/technology/research/methodologies/research_mq.jsp

particulier, les initiatives de délocalisation des data centers n'a pas de sens ; l'utilisation de multifonction non plus.

Pour appréhender la façon dont nous avons utilisé l'échelle de gain sur l'empreinte, prenons un exemple : pour l'entretien du matériel, nous avons estimé que le gain sur l'empreinte de l'équipement qui fait l'objet du nettoyage ne serait que de 20 %. Par contre, si on nettoie les logiciels inutiles, le gain sur l'empreinte de l'ordinateur est important car il diminue le phénomène de l'obsolescence programmée. Nous l'avons donc noté à 85 %. Il est bien évident que les chiffres que nous avons estimé ne sont pas des chiffres absolus mais doivent être réévalués en fonction de chaque situation. Dans nos schémas, ils sont estimés par rapport à une situation non-écologique par excellence. Or, nous pensons que tout particulier ou toute entreprise est déjà un petit peu sensibilisé à certaines économies. La situation n'est donc pas si grave que les chiffres que nous avons utilisés pourraient le montrer. De plus, le gain sur l'empreinte est estimé sur base individuelle, non pas en partant du postulat que toutes les entreprises et tous les particuliers s'y mettent sérieusement. En effet, si tout le monde s'attèle à la tâche, le gain sera évidemment plus élevé que celui estimé ici.

La définition que l'on pourrait mettre derrière les quatre quadrants est dès lors relativement intuitive. La case « Intérêt mitigé » va contenir toutes les initiatives Green IT tout à fait réalisables mais dont l'intérêt est limité quant à la réduction de l'empreinte. La case « Intérêt limité » va donner les idées pour lesquelles l'investissement n'est pas intéressant en fonction du peu de gain qu'il peut rapporter. La case « Faiblement réalisable » contiendra les actions qui seraient très bénéfiques pour l'empreinte mais qui demandent trop d'investissement. Par contre, la case la plus intéressante dans les quatre est bien-sûr la case « A faire » : elle représente les initiatives qui demandent peu ou pas d'investissement réel mais qui influencent rapidement et positivement l'empreinte.

Une fois ce canevas défini, nous avons décidé de réaliser ce Magic Quadrant pour six types de personnes ou entreprises confrontées à l'informatique et au Green IT en général :

- Une personne isolée qui a son parc informatique limité, pour ses besoins personnels ou professionnels mais qui ne développe rien par lui-même (exemple : individu lambda ou profession libérale)
- Une personne isolée qui possède elle aussi son parc informatique mais qui a des besoins de développements (exemple : webmaster indépendant)
- Une PME avec un parc informatique mais qui ne développe pas elle-même d'applications
- Une PME avec un parc informatique, qui développe ses propres applications
- Une grande entreprise qui ne développe pas ses propres logiciels
- Une grande entreprise qui développe ses propres logiciels

Le but des schémas que nous avons définis est de mettre en avant les initiatives qui semblent les plus intéressantes à mettre en place.

5.3.2 Résultats

Particulier non spécialisé dans l'IT

Initiative		Paramètres	ID	Réduction relative de l'empreinte	Faisabilité
Infrastructure	Fournisseur d'énergie	Garantie d'origine	1	70	80
	Autoalimentation	Panneaux solaires, éoliennes	2	80	40
	Localisation	Data centers dans des zones propices	3	90	0
	Niveau de disponibilité	Redondance des installations	4	65	0
	Organisation	Adéquation des demandes entre équipe de développement et équipe infrastructure	5	50	0
Matériel	Production	Type d'équipement (réparabilité)	6	70	50
		Equipements labellisés	7	70	90
	Utilisation	Extinction des équipements non-utilisés	8	30	90
		Entretien matériel	9	20	80
	Fin de vie	Recyclage	10	30	70
	Refroidissement	Eau de mer, allées chaudes/allées froides	11	95	0
	Stockages	Bonne quantité et usage des disques durs	12	65	80
	Réseaux télécom	Ouverture aux nouvelles technologies	13	90	10
Logiciel	Mises à jour	Diminution de la fréquence	14	70	92
	Environnement à la carte	Les bons logiciels pour les bonnes utilisations	15	60	90
	Nettoyage	Dépoussiérage logiciel	16	85	95
	Optimisations	Mise en place de revue de code systématique	17	55	0
Initiatives complexes	Cloud computing	Utilisation de services venant du Web	18	75	85
	Virtualisation	Utilisation de serveurs virtuels pour un seul serveur physique	19	80	30
	Dématérialisation	Diminution des flux papier et optimisation des processus métiers	20	50	55
	Impression	Papier labellisé	21	70	95
		Imprimante multifonction	22	72	0
		Paramétrage par défaut	23	60	95
		Polices économes	24	55	95

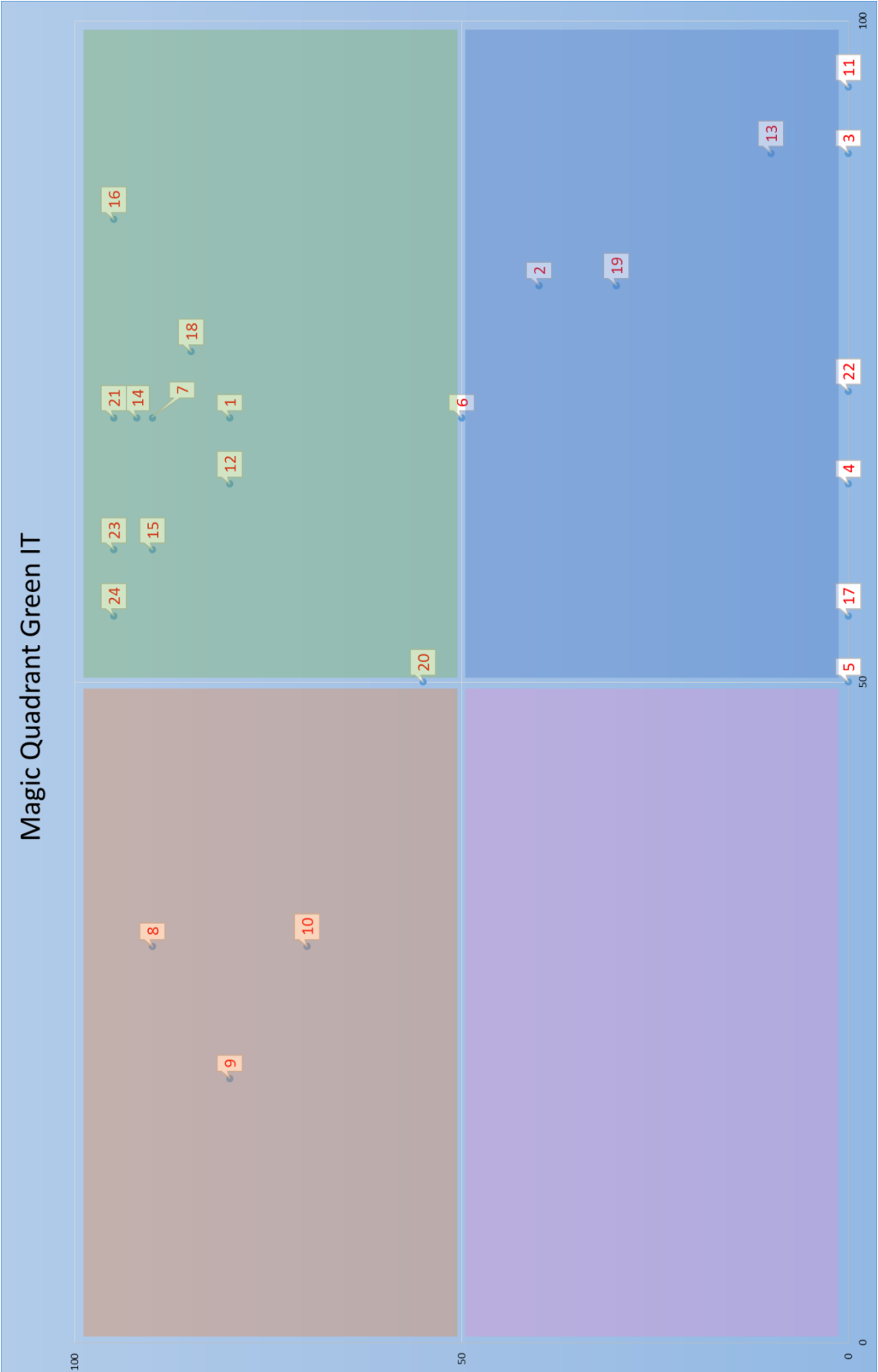


Figure 26 : Magic Quadrant- Isolé non IT

Particulier spécialisé dans l'IT

Initiative		Paramètres	ID	Réduction relative de l'empreinte	Faisabilité
Infrastructure	Fournisseur d'énergie	Garantie d'origine	1	70	80
	Autoalimentation	Panneaux solaires, éoliennes	2	80	40
	Localisation	Data centers dans des zones propices	3	90	0
	Niveau de disponibilité	Redondance des installations	4	65	0
	Organisation	Adéquation des demandes entre équipe de développement et équipe infrastructure	5	50	0
Matériel	Production	Type d'équipement (réparabilité)	6	70	70
		Equipements labellisés	7	70	90
	Utilisation	Extinction des équipements non-utilisés	8	30	90
		Entretien matériel	9	20	80
	Fin de vie	Recyclage	10	30	70
	Refroidissement	Eau de mer, allées chaudes/allées froides	11	95	0
	Stockages	Bonne quantité et usage des disques durs	12	65	80
	Réseaux télécom	Ouverture aux nouvelles technologies	13	90	70
	Logiciel	Mises à jour	Diminution de la fréquence	14	70
Environnement à la carte		Les bons logiciels pour les bonnes utilisations	15	60	90
Nettoyage		Dépoussiérage logiciel	16	85	95
Optimisations		Mise en place de revue de code systématique	17	55	40
Initiatives complexes	Cloud computing	Utilisation de services venant du Web	18	75	85
	Virtualisation	Utilisation de serveurs virtuels pour un seul serveur physique	19	80	70
	Dématérialisation	Diminution des flux papier et optimisation des processus métiers	20	50	55
	Impression	Papier labellisé	21	70	95
		Imprimante multifonction	22	72	0
		Paramétrage par défaut	23	60	95
		Polices économes	24	55	95

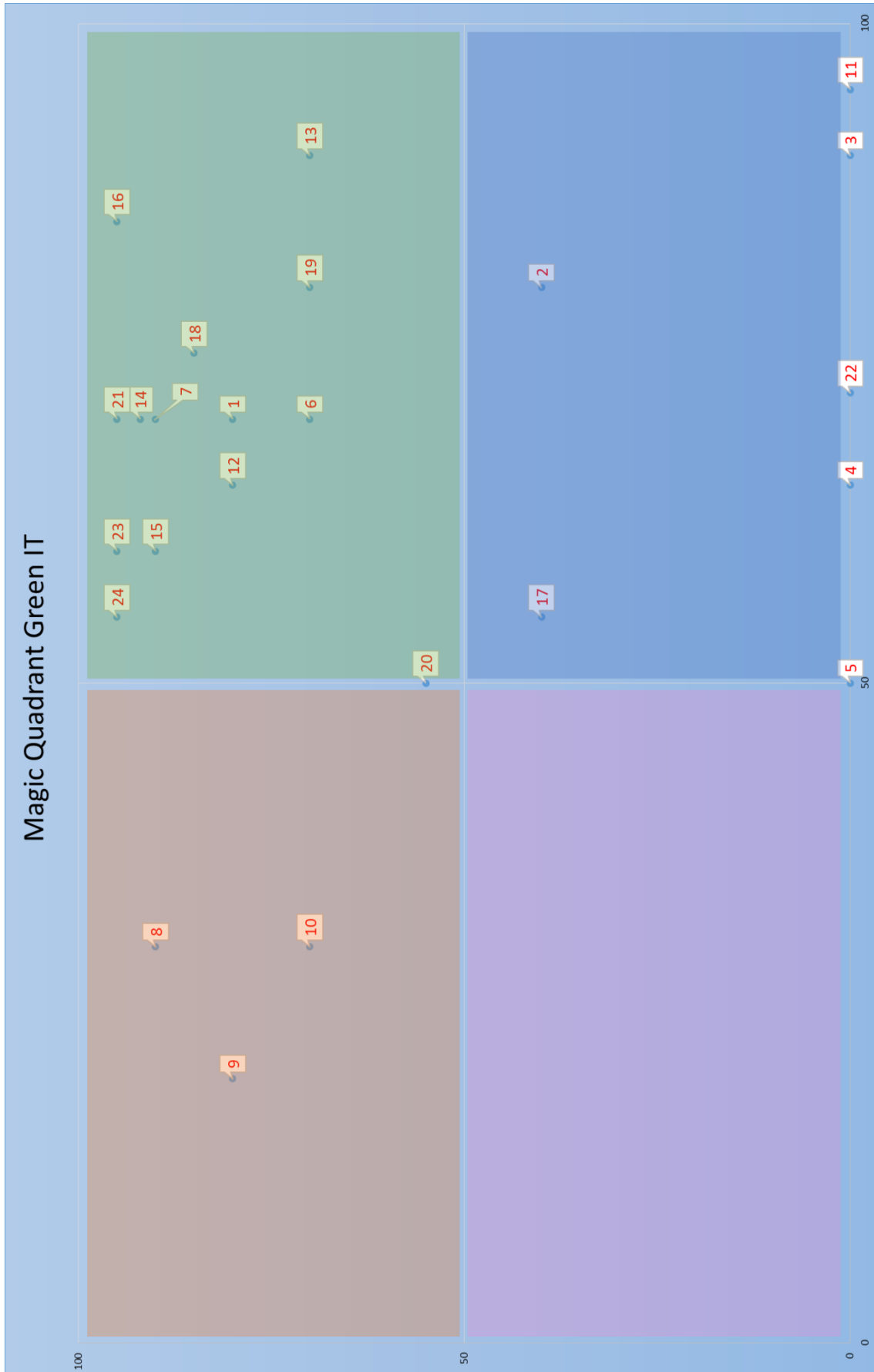


Figure 27 : Magic Quadrant - Isolé IT

PME non spécialisée dans l'IT

Initiative		Paramètres	ID	Réduction relative de l'empreinte	Faisabilité
Infrastructure	Fournisseur d'énergie	Garantie d'origine	1	70	80
	Autoalimentation	Panneaux solaires, éoliennes	2	80	70
	Localisation	Data centers dans des zones propices	3	90	0
	Niveau de disponibilité	Redondance des installations	4	65	0
	Organisation	Adéquation des demandes entre équipe de développement et équipe infrastructure	5	50	50
Matériel	Production	Type d'équipement (réparabilité)	6	70	70
		Equipements labellisés	7	70	90
	Utilisation	Extinction des équipements non-utilisés	8	30	90
		Entretien matériel	9	20	80
	Fin de vie	Recyclage	10	30	75
	Refroidissement	Eau de mer, allées chaudes/allées froides	11	95	0
	Stockages	Bonne quantité et usage des disques durs	12	65	80
	Réseaux télécom	Ouverture aux nouvelles technologies	13	90	10
Logiciel	Mises à jour	Diminution de la fréquence	14	70	92
	Environnement à la carte	Les bons logiciels pour les bonnes utilisations	15	60	90
	Nettoyage	Dépoussiérage logiciel	16	85	95
	Optimisations	Mise en place de revue de code systématique	17	55	0
Initiatives complexes	Cloud computing	Utilisation de services venant du Web	18	75	85
	Virtualisation	Utilisation de serveurs virtuels pour un seul serveur physique	19	80	30
	Dématérialisation	Diminution des flux papier et optimisation des processus métiers	20	50	70
	Impression	Papier labellisé	21	70	95
		Imprimante multifonction	22	72	50
		Paramétrage par défaut	23	60	95
		Polices économes	24	55	95

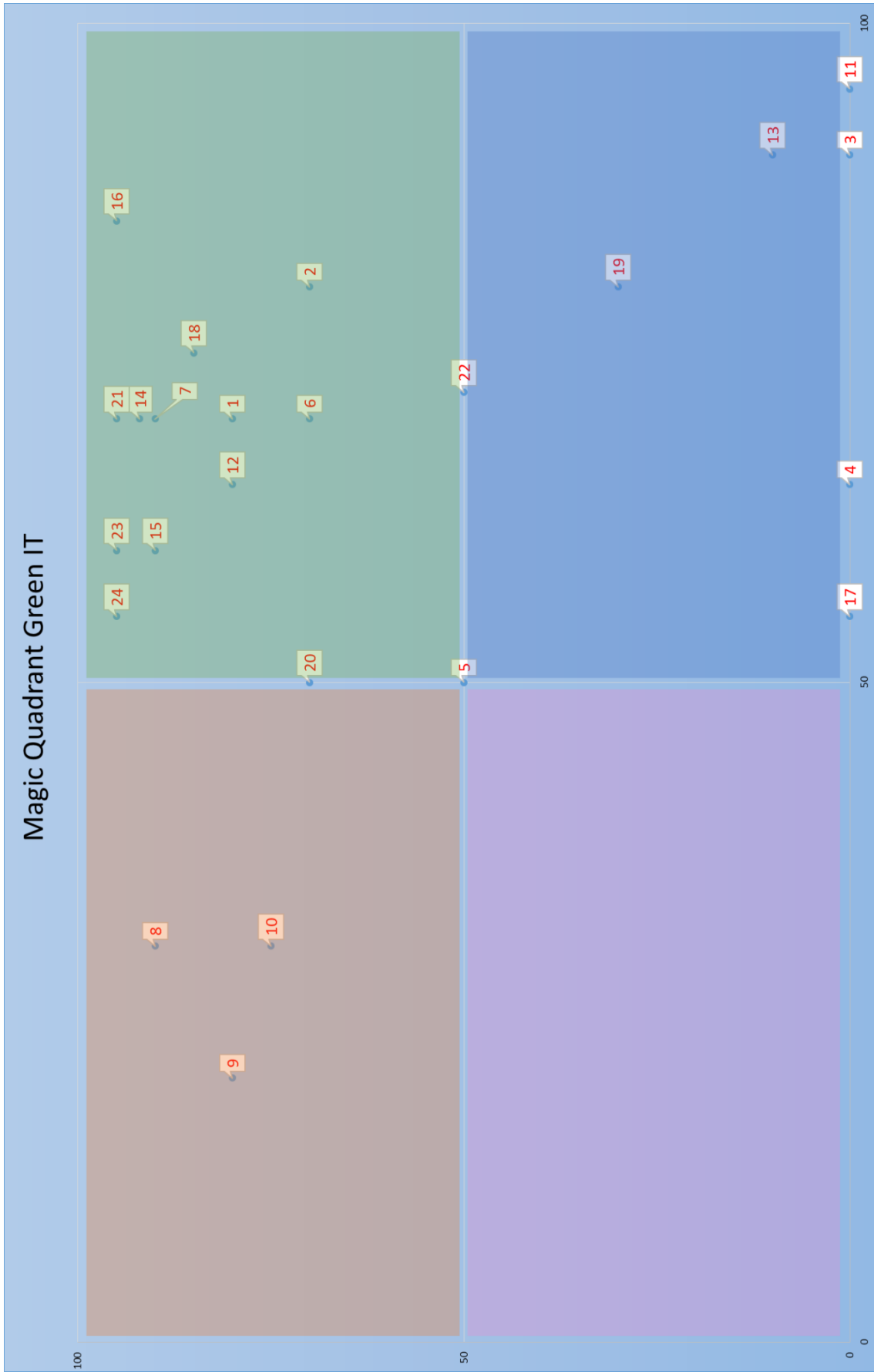


Figure 28 : Magic Quadrant - PME non IT

PME spécialisée dans l'IT

Initiative		Paramètres	ID	Réduction relative de l'empreinte	Faisabilité
Infrastructure	Fournisseur d'énergie	Garantie d'origine	1	70	80
	Autoalimentation	Panneaux solaires, éoliennes	2	80	75
	Localisation	Data centers dans des zones propices	3	90	0
	Niveau de disponibilité	Redondance des installations	4	65	40
	Organisation	Adéquation des demandes entre équipe de développement et équipe infrastructure	5	50	60
Matériel	Production	Type d'équipement (réparabilité)	6	70	70
		Equipements labellisés	7	70	90
	Utilisation	Extinction des équipements non-utilisés	8	30	90
		Entretien matériel	9	20	80
	Fin de vie	Recyclage	10	30	70
	Refroidissement	Eau de mer, allées chaudes/allées froides	11	95	0
	Stockages	Bonne quantité et usage des disques durs	12	65	80
	Réseaux télécom	Ouverture aux nouvelles technologies	13	90	70
Logiciel	Mises à jour	Diminution de la fréquence	14	70	92
	Environnement à la carte	Les bons logiciels pour les bonnes utilisations	15	60	90
	Nettoyage	Dépoussiérage logiciel	16	85	95
	Optimisations	Mise en place de revue de code systématique	17	55	40
Initiatives complexes	Cloud computing	Utilisation de services venant du Web	18	75	85
	Virtualisation	Utilisation de serveurs virtuels pour un seul serveur physique	19	80	80
	Dématérialisation	Diminution des flux papier et optimisation des processus métiers	20	50	75
	Impression	Papier labellisé	21	70	95
		Imprimante multifonction	22	72	50
		Paramétrage par défaut	23	60	95
		Polices économes	24	55	95

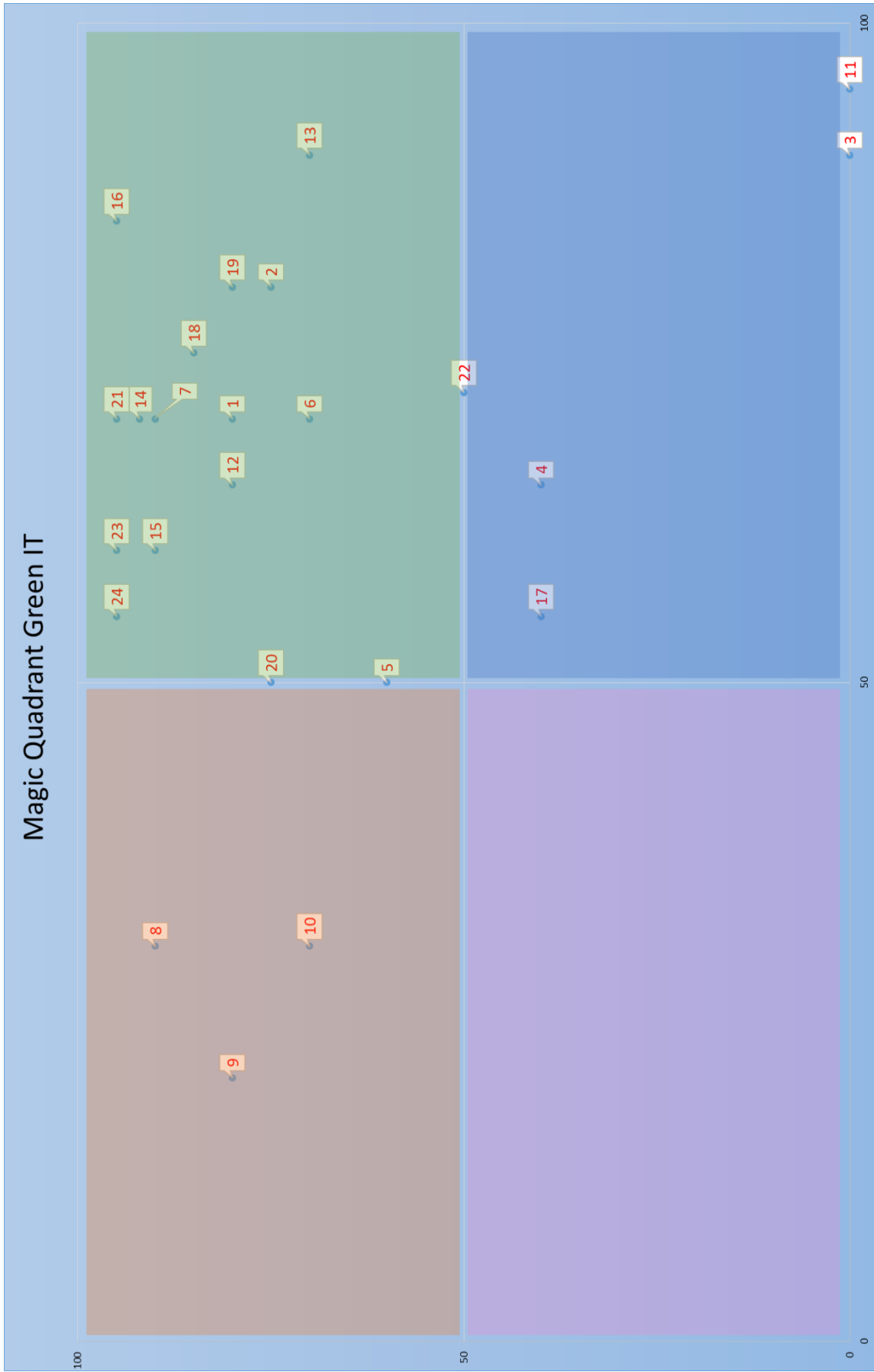


Figure 29 : Magic Quadrant - PME IT

Grande entreprise non spécialisée dans l'IT

Initiative		Paramètres	ID	Réduction relative de l'empreinte	Faisabilité
Infrastructure	Fournisseur d'énergie	Garantie d'origine	1	70	80
	Autoalimentation	Panneaux solaires, éoliennes	2	80	90
	Localisation	Data centers dans des zones propices	3	90	20
	Niveau de disponibilité	Redondance des installations	4	65	40
	Organisation	Adéquation des demandes entre équipe de développement et équipe infrastructure	5	50	60
Matériel	Production	Type d'équipement (réparabilité)	6	70	70
		Equipements labellisés	7	70	90
	Utilisation	Extinction des équipements non-utilisés	8	30	90
		Entretien matériel	9	20	80
	Fin de vie	Recyclage	10	30	90
	Refroidissement	Eau de mer, allées chaudes/allées froides	11	95	30
	Stockages	Bonne quantité et usage des disques durs	12	65	80
	Réseaux télécom	Ouverture aux nouvelles technologies	13	90	30
Logiciel	Mises à jour	Diminution de la fréquence	14	70	92
	Environnement à la carte	Les bons logiciels pour les bonnes utilisations	15	60	90
	Nettoyage	Dépoussiérage logiciel	16	85	95
	Optimisations	Mise en place de revue de code systématique	17	55	0
Initiatives complexes	Cloud computing	Utilisation de services venant du Web	18	75	85
	Virtualisation	Utilisation de serveurs virtuels pour un seul serveur physique	19	80	60
	Dématérialisation	Diminution des flux papier et optimisation des processus métiers	20	50	70
	Impression	Papier labellisé	21	70	95
		Imprimante multifonction	22	72	70
		Paramétrage par défaut	23	60	95
		Polices économes	24	55	95

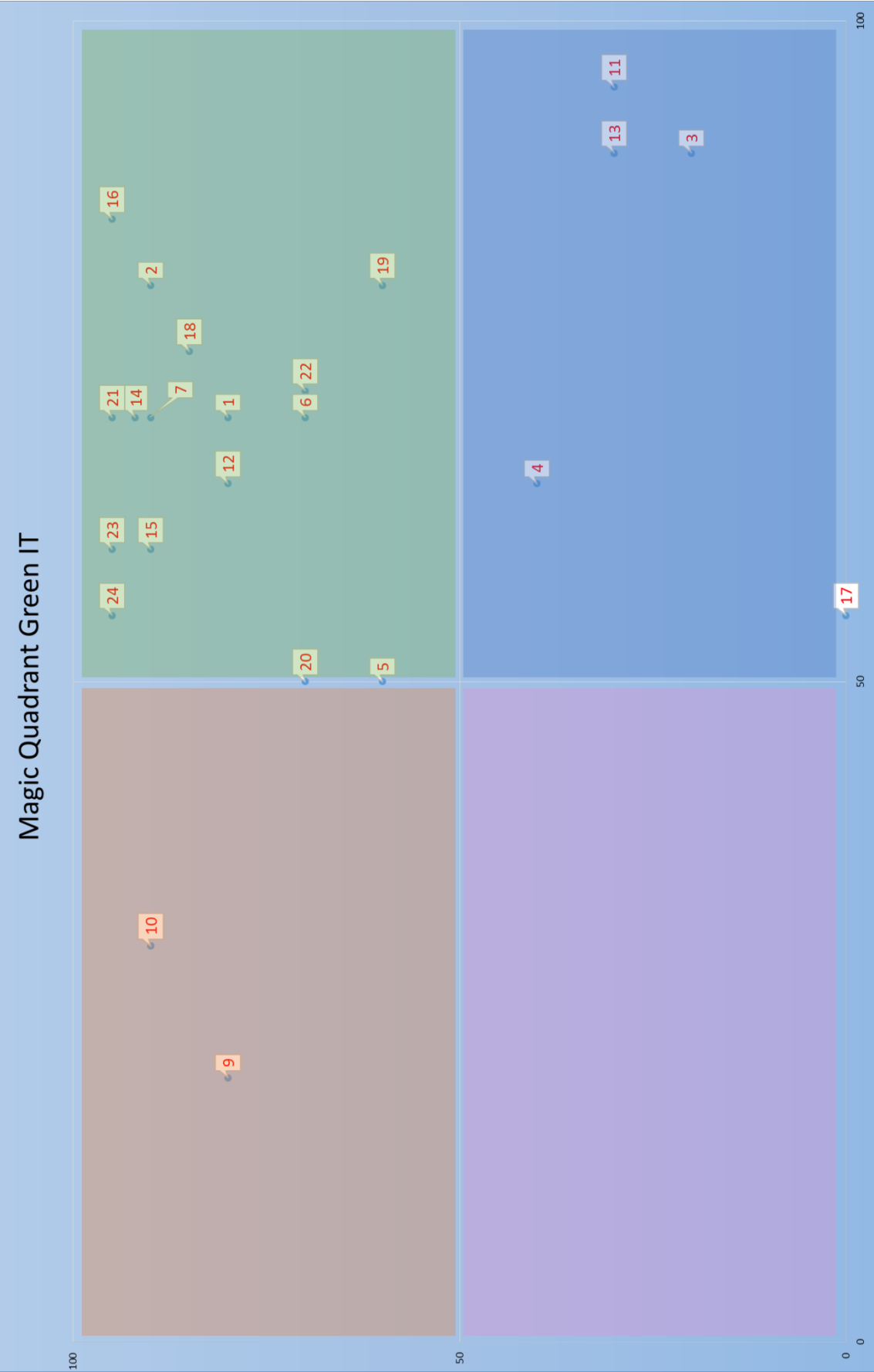


Figure 30 : Magic Quadrant - GE non IT

Grande entreprise spécialisée dans l'IT

Initiative		Paramètres	ID	Réduction relative de l'empreinte	Faisabilité
Infrastructure	Fournisseur d'énergie	Garantie d'origine	1	70	80
	Autoalimentation	Panneaux solaires, éoliennes	2	80	90
	Localisation	Data centers dans des zones propices	3	90	50
	Niveau de disponibilité	Redondance des installations	4	65	60
	Organisation	Adéquation des demandes entre équipe de développement et équipe infrastructure	5	50	60
Matériel	Production	Type d'équipement (réparabilité)	6	70	70
		Equipements labellisés	7	70	90
	Utilisation	Extinction des équipements non-utilisés	8	30	90
		Entretien matériel	9	20	80
	Fin de vie	Recyclage	10	30	90
	Refroidissement	Eau de mer, allées chaudes/allées froides	11	95	50
	Stockages	Bonne quantité et usage des disques durs	12	65	80
	Réseaux télécom	Ouverture aux nouvelles technologies	13	90	30
Logiciel	Mises à jour	Diminution de la fréquence	14	70	92
	Environnement à la carte	Les bons logiciels pour les bonnes utilisations	15	60	90
	Nettoyage	Dépoussiérage logiciel	16	85	95
	Optimisations	Mise en place de revue de code systématique	17	55	80
Initiatives complexes	Cloud computing	Utilisation de services venant du Web	18	75	85
	Virtualisation	Utilisation de serveurs virtuels pour un seul serveur physique	19	80	80
	Dématérialisation	Diminution des flux papier et optimisation des processus métiers	20	50	80
	Impression	Papier labellisé	21	70	95
		Imprimante multifonction	22	72	90
		Paramétrage par défaut	23	60	95
		Polices économes	24	55	95

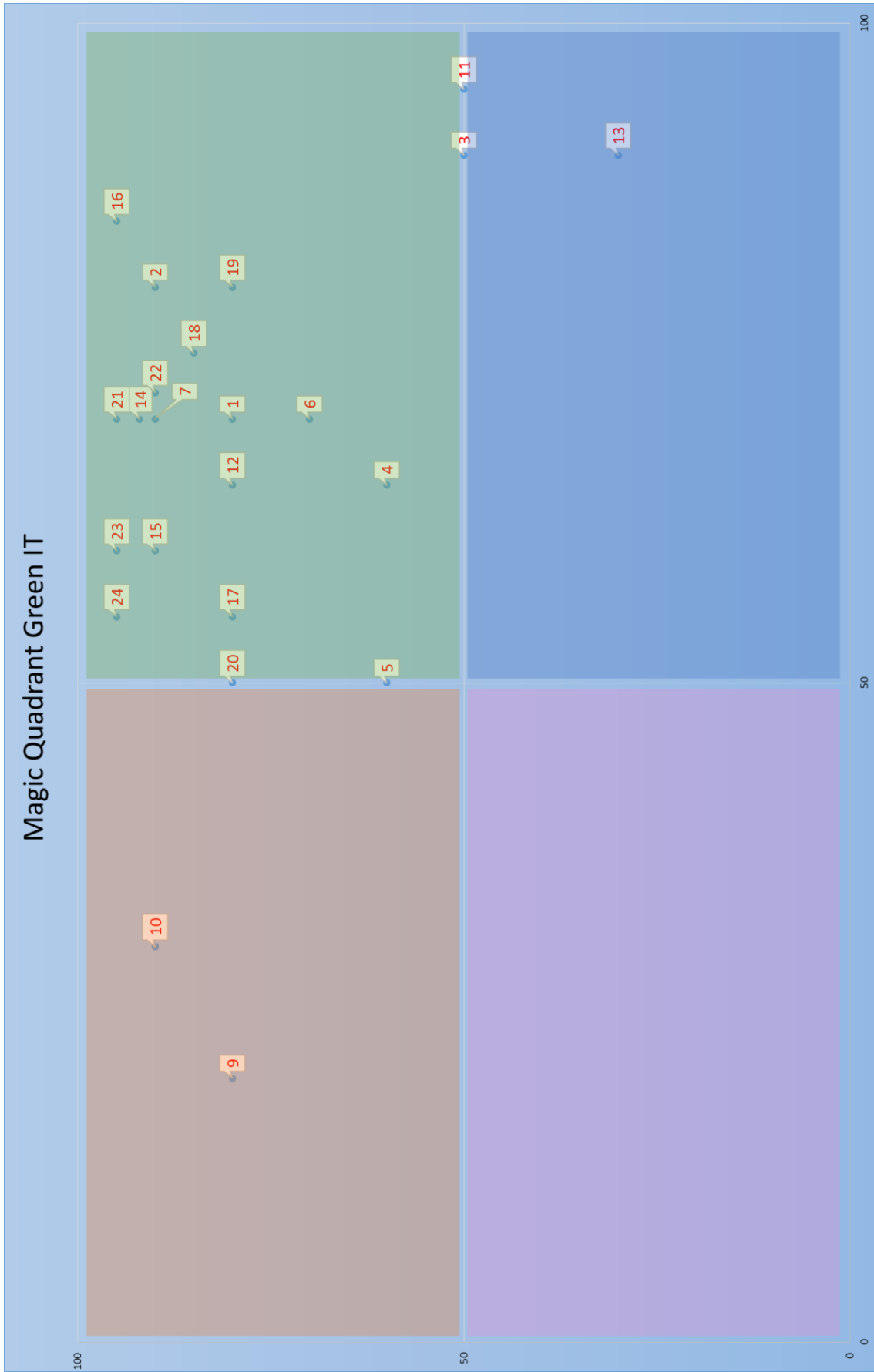


Figure 31 : Magic Quadrant - GE IT

5.3.3 Conclusion et limites du Magic Quadrant

La conclusion principale que l'on peut tirer de cet exercice est la suivante : il n'est pas difficile de mettre en place des initiatives Green IT. La majorité des initiatives se trouvent dans le quadrant vert, à savoir le plus propice à la réalisation. Il est bien évident que plus les initiatives se trouvent proches du coin supérieur droit, plus elles rapportent en terme de coût/bénéfices. Il est aussi possible de prioriser en mettant d'abord en œuvre les actions les plus hautes dans le tableau, celles qui demandent le moins d'investissement ; en commençant bien-sûr par celles qui se trouvent le plus à droite.

On remarquera aussi que les initiatives très difficiles à mettre en œuvre, comme celle de la délocalisation des data centers (ID 3) se trouvent ainsi très bas dans les tableaux car peu d'entreprises sont suffisamment grandes pour pouvoir se l'offrir. Par contre, utiliser du papier labellisé et paramétrer son imprimante (ID's 21 et 23) se trouvent très haut en faisabilité. On y retrouve aussi le dépoussiérage logiciel (ID 16) car les outils existent pour le réaliser facilement et efficacement.

Nous pensons que lors d'une démarche complète de Green IT dans une entreprise, la réalisation de ce type de quadrant peut être un plus pour aider à prioriser les actions à réaliser à plus ou moins courte échéance, en laissant les initiatives les moins intéressantes en terme de gain pour un programme d'améliorations à long terme.

Une des limites principales de ce genre de tableau est le fait que, comme la majorité des actions se trouvent dans un seul quadrant, il peut apparaître que tout est important et que rien n'est accessoire. Il serait donc intéressant, dans une étude ultérieure, de travailler sur l'affinement des critères et sur la précision de ceux-ci. Une autre optique pourrait être aussi de descendre plus finement dans le carré vert, dans le sens où des initiatives complémentaires ou contradictoires pourraient amener à des scores plus élevés ou plus bas.

6. Limites du Green IT

Dans ce dernier chapitre, nous aborderons certaines limites auxquelles les initiatives Green IT sont confrontées. Ainsi, nous parlerons des conséquences méconnues ou oubliées du Green IT ainsi que des dérives qui en découlent. Ensuite, nous examinerons les différents périmètres que le Green IT peut circonscrire. Enfin, nous parlerons des sujets qui ont été peu ou pas abordés pendant la réalisation de ce mémoire. En effet le sujet étant très vaste, il est évident que beaucoup de pistes sont encore à découvrir.

6.1 Peut-on et doit-on tout transformer d'une manière verte ?

La révolution verte est en marche. Elle ne touche pas que la partie alimentation de notre société. Le vert est à la mode et elle donne une bonne image à ceux qui le prônent. Toutefois, passer vers le mode vert pour le domaine informatique nécessite aussi de « jeter du moins vert »²⁹² et donc augmenter la pollution avec des équipements qui auraient pu durer plus longtemps. La course au toujours plus vert serait donc un facteur aggravant de l'obsolescence et non un remède. Est-ce que le business case écologique des initiatives Green IT est-il toujours bien calculé ? En d'autres termes, est-ce que le fait d'investir dans un équipement plus vert contrebalance bien la pollution éventuelle de l'élimination du moins vert ? Il est difficile de le dire. Ce que l'on peut cependant affirmer, sans grand risque, c'est que la transformation des habitudes informatiques (achat, utilisation, fin de vie) est un grand pas vers une pratique plus écologique et moins impactante pour l'individu et l'environnement dans sa globalité. Le Green IT doit donc faire partie d'une démarche holistique, qui prend en compte tous les aspects de la vie d'un individu ou d'une société.

Le Green IT est aussi une porte grande ouverte vers des dérives bien connues, comme celles qui se pratiquent de plus en plus couramment dans le domaine du cloud computing par exemple. Lors d'utilisation de services web, les informations des utilisateurs sont lisibles par les prestataires de services. Certains services sponsorisés profitent des données qui transitent pour se procurer un référentiel des domaines d'intérêts des utilisateurs et peuvent ainsi alimenter leur service de publicité pertinente pour eux. C'est ce qui se passe quand on utilise Google mail²⁹³ mais aussi, quand on surfe sur Facebook sur son lieu de travail. Les services web ainsi utilisés sont configurés pour aller à la pêche aux informations dans tout ce qu'ils trouvent d'accessible. Il n'est pas difficile dès lors de verser dans du ciblage précis des nouveaux marchés potentiels, voire pire, de l'espionnage industriel.

Par contre, il ne faut pas oublier que le Green IT, loin de rester seulement une initiative volontaire, devient doucement une exigence commerciale et économique, surtout dans les entreprises spécialisées en IT. Pour devenir ou rester concurrentielles, les sociétés

²⁹² [GREE3]

²⁹³ [BODO1]

ont le devoir de faire toujours plus avec moins. Comme nous l'avons déjà dit, la réduction des coûts est un impératif économique incontournable, surtout en cette période de crise. Dans le domaine IT, il est aussi crucial de pouvoir offrir de plus en plus de fonctionnalités sur des supports de plus en plus petits²⁹⁴. La miniaturisation est de mise. Avec elle, tout doit être revu à l'économie, aussi bien matérielle qu'énergétique. Le Green IT dans ce sens est donc plus économique qu'écologique. Au lieu d'être le motif premier de la démarche, l'écologique passe en second plan.

Au-delà de ces considérations et des volontés de nombreuses entreprises, nous pensons cependant que, dans beaucoup de cas, le Green IT reste cantonné à des initiatives légères, voire marginales. Les grandes sociétés, qui ont les moyens d'investir du temps et des ressources (matérielles et humaines) ont un plan multi-year bien défini et un but final à atteindre (en termes de réduction des coûts et de l'empreinte carbone). Dans les plus petites, il s'agit souvent de mini-initiatives et pas nécessairement de projets bien suivis. Pourquoi a-t-on aussi peu de processus bien structurés sur comment implémenter une démarche complète de A à Z ? Notamment parce que les experts manquent et la reconnaissance autre que commerciale est très limitée²⁹⁵. Si l'audience ou la visibilité n'est pas au rendez-vous, pourquoi investir ? Dans les conversations que nous avons pu avoir sur le Green IT, les ricanements ont été légion : « encore un truc d'écolos », « encore quelque chose pour embêter les gens », « encore quelque chose pour cacher qu'il faut réduire les coûts ». Passer au-dessus de ces idées reçues n'est pas évident. C'est pourquoi documenter et communiquer les raisons et les conséquences positives est essentiel. Par exemple, l'impact de la réduction des impressions et de la consommation de papier peut être représenté de manière imagée par le nombre d'arbres sauvés de l'abattage. Il est moins aisé d'objectiver combien on peut gagner en optimisant du code. Il existe des facteurs de calcul en fonction de la consommation CPU par exemple mais elles ne sont pas toujours très parlantes. La communication des tenants et aboutissants sont donc des prérequis importants à la bonne réussite des initiatives du Green IT. Il serait intéressant de proposer dans des travaux ultérieurs des plans d'attaque pour chaque domaine pour conscientiser les utilisateurs et réussir des projets de Green IT. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la marge entre la réussite et l'échec d'une initiative est faible.

Dans le point suivant, nous verrons que le Green IT peut être un objectif à atteindre mais aussi un moyen pour améliorer l'empreinte carbone de l'entreprise, sans nécessairement être plus verte intrinsèquement.

²⁹⁴ [BORD19]

²⁹⁵ [BORD19]

6.2 Green IT or IT for Green ?²⁹⁶

Dans une partie de la littérature concernant le Green IT, on trouve parfois la différence entre le réel Green IT et l'IT for Green²⁹⁷. On trouve ainsi la notion des trois périmètres délimitant le concept. C'est ce que la littérature appelle le Green IT version 1.0, 1.5 et 2.0.

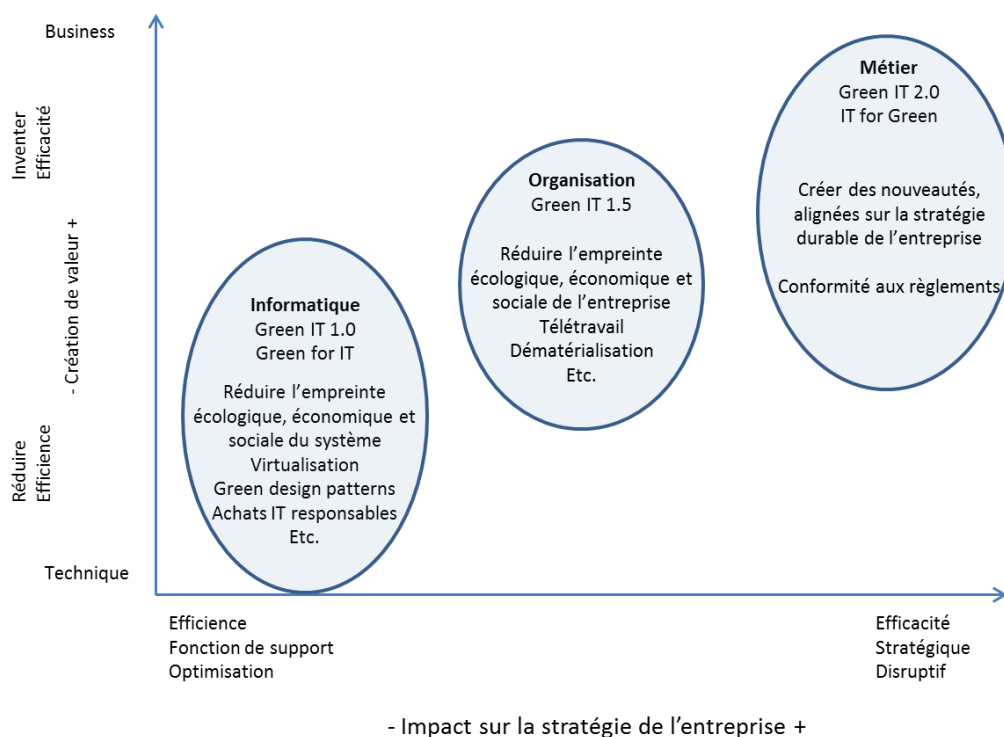


Figure 32 : Green IT : trois périmètres

Les frontières entre ces différents sous-concepts sont relativement claires :

- Green IT 1.0 ou Green for IT : il s'agit de réduire la charge écologique des équipements et des processus informatiques. Nous trouverons donc dans ce sous-concept l'ensemble des initiatives qui influencent essentiellement le matériel.
- Green IT 1.5 : ce sous-concept permet de réduire la place que prend l'entreprise en elle-même via de nouveaux modes de fonctionnement et de communication. On y trouve notamment les questions sociétales d'évolution du milieu professionnel (extension vers le télétravail notamment).
- Green IT 2.0 ou IT for Green : l'IT est un outil permettant à l'entreprise de travailler plus efficacement. L'informatique n'a pas besoin dans ce cas d'être nécessairement plus verte. Le cadre de ce mémoire a exclu cette partie du concept du Green IT. On trouve dans ce cadre ces types d'idées :
 - Optimisation des livraisons pour réduction des transports²⁹⁸
 - Promotion des factures numériques

²⁹⁶ [CAMB1]

²⁹⁷ [LIEN1][PHIL8]

²⁹⁸ [CAMB1]

- Optimisation des processus métier via la mise en place de workflows²⁹⁹
- Circulation plus efficace des documents (signature numérique plutôt que signature manuscrite)³⁰⁰
- Outils de monitoring des équipements autres que ceux de l'IT
- Modélisation des besoins pour privilégier le just-in-time et éviter les gaspillages
- Mise en place de suivis opérationnels pour permettre une meilleure gouvernance des choix stratégiques de l'entreprise
- Etc.

Le nombre d'idées qui peuvent entrer dans ce concept d'IT for Green sont sans fin, car ce que l'informatique permet de réaliser est en constante évolution.

Nous pensons cependant qu'une démarche holistique, comme nous l'avons proposée dans le point précédent, devrait intégrer les trois sous-concepts. En effet, avoir des ordinateurs super performants énergétiquement, uniquement des data centers refroidis par l'air extérieur mais posséder une flotte de camions hyper-polluants ne possédant pas de feuille de route optimisée n'a pas beaucoup de sens. Une société qui conjuguerait les trois types de Green IT de manière optimale serait donc une société parfaite, au point de vue écologique du moins. Si, en plus, celle-ci respecte les individus, les peuples et la biodiversité³⁰¹, elle est idéale. Est-ce si utopique ? Certaines sociétés semblent s'en rapprocher. On peut toutefois se demander si c'est un vœu pieux, une question d'image de marque³⁰² ou une volonté réelle. Et le cas échéant, est-ce viable économiquement parlant ?

6.3 Perspectives

Etant donné l'évolution constante des technologies et le relatif retard des études sur le Green IT par rapport à celles-ci, nous avons dû effectuer des choix dans les équipements dont nous avons parlé. Ainsi, nous n'avons pas eu l'occasion d'aborder le délicat sort des smartphones, des consoles de jeu, des autres équipements électroniques, des appareils photos et bien évidemment, des tablettes tactiles. Le recul sur ces technologies est encore trop faible pour être réellement critique sur les capacités à faire du Green IT avec elles. Nous pensons cependant qu'il serait intéressant d'y consacrer des études ultérieures. Nous pensons que les perspectives en la matière risquent juste d'être limitées par les volontés des constructeurs d'être les plus hermétiques possible sur ces technologies (c'est une obligation étant donné la course constante au plus beau, plus fort, plus léger, etc.).

²⁹⁹ [CAMB1]

³⁰⁰ [CAMB1]

³⁰¹ C'est-à-dire qu'elle possède un sens aigu de la responsabilité sociale et environnementale dont nous avons parlé plus haut.

³⁰² D'où le greenwashing.

Nous n'avons pas non plus abordé les nouveaux langages réputés plus verts qui sont tout doucement en train de se construire. Ainsi, nous avons eu vent d'un langage basé sur Java, baptisé EnergyJava³⁰³, qui serait étudié pour diminuer l'impact d'un code défini en termes de consommation mémoire, CPU, etc. Il y a là aussi matière pour des études plus approfondies.

Enfin, dans un monde de l'informatique poussé par la logique du « plus puissant, plus fort, plus performant », on est en droit de se demander si on ne rate pas une occasion de repartir des bases. Ainsi, ne faudrait-il pas penser en termes d'« innovation inversée »³⁰⁴ ? Est-ce que des pays émergents ne vont pas trouver des moyens d'en faire plus avec moins de ressources et de matériels high tech ? Est-ce que les plus grandes innovations ne sont-elles pas partie des idées les plus simples ? Est-ce qu'une idée folle ne va pas réussir à révolutionner le monde du Green IT et de l'informatique dans son ensemble ? Nul n'est capable de le dire. L'évolution des cinquante dernières années n'aurait jamais été prédictible sans quelques visionnaires. Nous n'avons pas abordé cette optique dans ce mémoire car elle se base essentiellement sur des hypothèses et des idées difficilement vérifiables et objectivables.

³⁰³ [PHIL4]

³⁰⁴ [BORD22]

7. Conclusion

Dans ce mémoire, nous avons prévu d'étudier comment une entreprise influe sur son environnement, comment on peut calculer cet impact et comment on peut le réduire : tout cela à travers son informatique.

Ainsi, nous avons commencé par revoir les différents axes sur lesquels l'informatique a une influence. Au niveau du matériel, nous avons vu que chaque étape du cycle de vie de celui-ci a ses propres caractéristiques. Lors de sa production, le matériel se constitue déjà un bagage considérable, au niveau environnemental. Rappelons-nous le rapport de 16000 :1 des puces d'ordinateur ! Pendant son utilisation, nous avons identifié sa consommation électrique et ses autres consommations, comme le papier. Pour sa fin de vie, nous avons vu que la mise à la décharge ou le recyclage des équipements électroniques est un marché en lui-même, car il doit devenir un maillon d'une chaîne de réutilisation maximum pour éviter ou contourner l'épuisement des ressources clé. Au niveau du logiciel, un certain nombre de paramètres entrent dans sa comptabilisation carbone. Nous avons pu identifier que la majorité des problèmes viennent surtout de l'inadéquation de l'ensemble des logiciels accessibles sur un poste de travail avec les besoins réels de l'utilisateur. Quant à un logiciel en particulier, sa consommation en termes de ressources dépend de son langage et du type de programmation. Si on prend l'ensemble les données du matériel et des logiciels, ainsi que leurs évolutions respectives, nous savons que le phénomène de l'obsolescence programmée ou ressentie est une des raisons majeures de la rotation rapide des équipements, cause de nombreux gaspillages et donc d'empreinte maximum sur l'environnement.

Ensuite, nous avons tenté de montrer que des méthodes de calcul existent, de façon plus ou moins efficaces. Les avantages principaux de calculer une empreinte sont essentiellement de pouvoir quantifier le gain et d'objectiver les initiatives qu'on pourrait prendre. La réalisation d'un business case passe forcément par un diagnostic qui est difficilement faisable sans étude préalable des problèmes. Le calcul d'une empreinte n'est donc pas nécessairement à prendre comme argent comptant mais comme un baromètre de la santé écologique d'un équipement ou d'une entreprise.

Enfin, nous avons tenté de recenser tout ce qu'on pouvait faire pour lancer des initiatives Green IT, aussi bien au niveau de l'infrastructure, que du matériel ou du logiciel. Tout d'abord, au niveau des infrastructures, nous avons vu qu'il était possible de prendre des initiatives simples, permettant de réduire son empreinte, comme trouver un fournisseur d'énergie verte. Au niveau du matériel, les différents labels existants permettent de choisir les équipements les plus efficaces en termes d'énergie consommée. Nous avons pu aussi démontrer que le choix du matériel, qu'il soit écologique ou non, est important dans le sens où son adéquation avec les besoins doit être optimale. Quant au logiciel, nous avons pu étudier les options qui peuvent influencer la réduction du phénomène d'obsolescence programmée, comme la diminution de la présence des bloatwares par nettoyage ou

customisation. Pour les programmes écrits in-house, les optimisations de code et les choix de patterns moins impactants sont aussi essentiels pour diminuer l’empreinte de ceux-ci. Nous avons aussi étudié les initiatives que nous avons appelées complexes car elles demandent une conjugaison de moyens matériels et logiciels. Nous avons ainsi démontré que certaines initiatives, mal menées, peuvent mener à une catastrophe ou, du moins, à une sous-utilisation des moyens mis en place. Le cas du SPF économie que nous avons vécu de l’intérieur en est une illustration flagrante. Dans la suite, nous avons pu faire la lumière sur les incitants qui peuvent forcer un individu ou une entreprise à se lancer dans le Green IT, que ce soit au niveau légal, économique ou sociétal. Nous sommes entrés plus en détail dans deux éléments permettant de pousser le Green IT, grâce ou malgré eux : les différents labels verts qui existent et les opportunités données par la promotion du télétravail.

Dans la suite, nous avons tenté de mettre en carte les différentes initiatives possibles afin de donner un schéma d’aide à la décision. Notre interprétation du Magic Quadrant de Gartner nous a ainsi permis de voir quelles étaient, dans les différents schémas d’entreprise proposés, les initiatives à prendre en compte en priorité, en fonction du rapport entre l’investissement et les avantages écologiques apportés.

Nous avons terminé notre cheminement en ouvrant les perspectives que nous n’avons pas abordé, comme la problématique récente des smartphones et des tablettes numériques.

Nous nous étions posé la question de savoir si le Green IT est un phénomène de mode ou une réelle préoccupation écologique. A la fin de notre étude, nous avons le sentiment profond que le Green IT a commencé dans les sphères plus conscientisées de la société. Il est évident que les préoccupations écologiques étaient l’apanage d’une portion de la communauté informatique relativement faible.

L’extension des initiatives Green IT a surtout été le fait d’une volonté de réduction des coûts. Le but premier – être plus vert – est donc devenu accessoire, ou en tout cas, un effet secondaire avantageux. Nous avons le sentiment que la problématique environnementale reprend tout de même le dessus, grâce aux nouvelles façons de travailler, comme la dématérialisation ou encore le télétravail. Car être durable, c’est aussi être socialement plus correct et permettre à tout un chacun d’avoir une réelle vie privée et des conditions de travail les plus correctes possibles. Le Green IT devient donc un impératif dans ce cadre.

Enfin, les nouvelles technologies, de plus en plus portables, poussent l’industrie du matériel et du logiciel à investir et développer dans du plus économe en énergie et en consommation de ressources. Le bémol le plus important est l’importante rotation de ces nouveaux outils. Les obligations relatives à la récupération et au recyclage tentent de mitiger le risque de pollution environnementale croissante de ces nouveaux outils. La mise en place de taxes au recyclage circonstanciées en fonction de la composition des produits devrait permettre de pousser l’industrie à repenser les ressources utilisées pour la production. Cela permettrait de mettre en avant les idées novatrices comme l’utilisation de ressources

renouvelables, comme le bambou, en lieu et place des plastiques, polluants pour l'environnement, avec une durée de dégradation très longue dans l'environnement et des dangers pour la santé.

Le Green IT nous semble donc, finalement, un impératif à plus ou moins court terme. Ainsi, la conscientisation du public et de l'industrie doit être un des fers de lance des partisans du Green IT. Les implications du « non-vert » se cantonnent souvent à la réduction des GES et au réchauffement climatique dans la tête des non-initiés, alors que les problématiques sont beaucoup plus vastes. Elles restent méconnues. La publicité des raisons de la nécessité du Green IT est cruciale, dans notre société de l'information. Le plus beau, plus performant, plus fort a un prix méconnu du grand public et même de nombreux professionnels des TIC. Nous sommes convaincus, à la fin de ce mémoire, que le Green IT est une voie d'avenir. Nous le devons, non seulement aux générations futures, mais aussi à nous-mêmes car les problèmes sont déjà là. Le Green IT n'est donc pas une mode à adopter mais une préoccupation réelle et actuelle face aux enjeux de l'environnement et de l'évolution de l'IT dans sa globalité.

« Notre maison brûle et nous regardons ailleurs ». Comme l'a dit Jacques Chirac, on préfère regarder ailleurs que voir les problèmes où ils se trouvent. Gageons que les besoins économiques et technologiques présents et futurs auront le mérite d'ouvrir nos yeux sur l'incendie qui couve sournoisement.

8. Bibliographie

Après le Wi-Fi, voici le Li-Fi, 2012 (www.lalibre.be).	[APRE1]
BALIN, P., BERTHOUD, F., BOHAS, E. et al., <i>Impacts écologiques des technologies de l'information et de la communication</i> , 2012, EDP Sciences.	[BALI1]
BAROUDI, C., HILL, J., REINHOLD, A., <i>Green IT for dummies – IBM limited edition</i> , 2009, Wiley publishing.	[BARO1]
BELADY, C., <i>Carbon Usage Effectiveness (CUE): A Green Grid Data Center Sustainability Metric</i> , 2010, The Green Grid.	[BELA1]
Bell, G., <i>The folly laws of prediction 1.0</i> , 1997, Microsoft research.	[BELL1]
BERGONZOLI, F., <i>Les MPS placent l'impression sous contrôle</i> , dans <i>Solutions IT & logiciels</i> , juin 2011, n°21.	[BERG1]
<i>Bloatware : un coût annuel de plusieurs millions d'euros</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BLOA1]
BODOR, D., <i>Débarassez-vous de l'administration SMTP/POP3/IMAP (et confiez votre messagerie à Google)</i> , 2012, dans <i>GNU/Linux Magazine France</i> , n°146.	[BODO1]
BORDAGE, F., BES DE BERC, C., COULAUD, M., <i>Datacenters et développement durable</i> , 2011, Syntec informatique.	[BORD1]
BORDAGE, F., <i>EPEAT : +30 % d'équipements vendus</i> , 2012 (www.greenit.fr).	[BORD2]
BORDAGE, F., <i>Data center : trois nouveaux indicateurs environnementaux</i> , 2012 (www.greenit.fr).	[BORD3]
BORDAGE, F., <i>Ecolabel européen : 14 critères mis à jour pour les ordinateurs portables</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD4]
BORDAGE, F., <i>Obsolescence programmée : quelles solutions ? La position de l'Alliance Green IT</i> , Alliance Green IT.	[BORD5]
BORDAGE, F., <i>19 grammes de CO2 : l'empreinte carbone d'un email selon l'ADEME</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD6]
BORDAGE, F., <i>Gmail émet 80 fois moins de CO2 qu'une messagerie interne</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD7]
BORDAGE, F., <i>7 bonnes résolutions Green IT pour 2011</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD8]
BORDAGE, F., <i>Green IT : le gouvernement passe à la vitesse supérieure</i> , 2009, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD9]
BORDAGE, F., « <i>Le green IT n'est pas une mode</i> », 2008, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD10]
BORDAGE, F., <i>Optimisez votre data center avec Google</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD11]

BORDAGE, F., <i>Le cloud computing n'est pas écologique</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD12]
BORDAGE, F., <i>Greenpeace encense Wilpro</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD13]
BORDAGE, F., <i>Peut-on croire aux TIC vertes ?</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD14]
BORDAGE, F., <i>Le quartz, support de stockage d'avenir</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD15]
BORDAGE, F., <i>1,5 millions d'euros pour l'éco-conception logicielle</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD16]
BORDAGE, F., <i>DEEE : 2100 emplois créés en 2011</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD17]
BORDAGE, F., <i>Intel : vers la fin des processeurs amovibles</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD18]
BORDAGE, F., <i>L'éco-conception logicielle séduit – Nantes</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD19]
BORDAGE, F., <i>Comment intégrer le développement durable dans les achats d'impression</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD20]
BORDAGE, F., <i>éco-conception web : utiliser la délégation d'événements</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD21]
BORDAGE, F., <i>Innovation inversée, innovation frugale, Jugaad : kesaco ?</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD22]
BORDAGE, F., <i>Noël 2012 : de la mémoire plutôt qu'un nouveau PC ?</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD23]
BORDAGE, F., <i>PAS 141, l'Ordi 2.0 anglais</i> , 2013, Green IT (www.greenit.fr).	[BORD24]
BOURDON, A., NOUREDINNE, A. et al., <i>A preliminary study of the impact of software engineering on GreenIt</i> , 2012, Université Lille 1.	[BOUR1]
BOUZEREAU, O., <i>Relever le défi énergétique du data center</i> , dans <i>Solutions IT&logiciels</i> , mai 2011, n°20.	[BOUZ1]
BRUNET, N., <i>Singapour lance une étude sur l'efficacité énergétique des datacenters</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[BRUN1]
BRUNET, N., <i>Un modèle de maturité pour les datacenters</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[BRUN2]
CAMBETTE, D., MITTELETTE, E., <i>IT for Green : l'optimisation des processus métiers</i> , Syntec Informatique.	[CAMB1]
CHAILLEU LE MER, G., <i>Y a-t-il des langages plus verts que d'autres ?</i> , 2012, Green code lab (greencodelab.fr).	[CHAI1]
CHAMBON, S., <i>Dématérialisation, Levier de développement durable</i> , Syntec informatique.	[CHAM1]
<i>Communiquer durablement – Guide pour les communicateurs fédéraux</i> , 2006, SPF Chancellerie du Premier Ministre, SPF Personnel et Organisation.	[COMM1]

<i>Conférence Green IT – l'éco-conception logicielle : premiers retours d'expérience</i> , 2012, Arola (www.arola.fr).	[CONF1]
DEVERETT, B., <i>Tips for going green</i> , dans <i>Crossroads</i> , été 2011, vol. XVII, n°4, Association for Computing Machinery.	[DEVE1]
DREZET, E., <i>Epuisement des ressources naturelles</i> , 2009, EcoInfo, CNRS (ecoinfo.cnrs.fr/spip.php?article129).	[DREZ1]
<i>Energie renouvelable électrique</i> , 2011, Wattimpact (www.wattimpact.com).	[ENER1]
<i>Environmental responsibility and Green IT : an institutional perspective</i> , 2009, London School of Economics and political science.	[ENVI1]
<i>Evolution des usages IT 2012 – Focus sur le Green IT, le Cloud, le Trunk SIP, la mobilité, la vidéoconférence et les médias sociaux</i> , 2012, Astraa (www.astraa.fr/handbooks.htm).	[EVOL1]
FAIN, J., MOLINARI, L., MITELETTE, E., <i>Management des gaz à effet de serre : outil de compétitivité</i> , Syntec informatique.	[FAIN1]
FOSTER, P., <i>From PUE to renewable energy – the progress of green data centers</i> , 2012, The GreenIT Review.	[FOST1]
FOURNIER, J.-P., <i>Lois de Lehman</i> , Université de Genève.	[FOUR1]
<i>Google's green computing : Efficiency at scale</i> , 2011, Google (www.google.com).	[GOOG1]
<i>Green computing</i> (fr.wikipedia.org/wiki/Green_computing).	[GREE1]
<i>Green IT : comment les géants du net s'en servent pour faire des économies</i> , 2012, Sinergique (www.sinergique.com).	[GREE2]
<i>Green IT</i> , Pixgame (www.pixgame.fr)	[GREE3]
<i>Green IT : le Code of Conduct for Datacenters de l'Union Européenne</i> , 2012, Econocom (blog.econocom.com/blog/green-it-le-code-of-conduct-for-datacenters-de-l%E2%80%99union-europeenne/)	[GREE4]
<i>Le Green IT et vous ? Intérêts, enjeux, obstacles et impacts sur l'entreprise</i> , 2012, Astraa (www.astraa.fr/handbooks.htm).	[GREE5]
GRENETIER, I., <i>Maîtrise des consommations électriques des équipements informatiques</i> , 2011 (www.edf.fr).	[GREN1]
<i>Guide pour un éco-système responsable</i> , 2011, WWF.	[GUID1]
<i>Guide to greener electronics</i> , 18 ^e édition, 2012, Greenpeace.	[GUID2]
HARRIS, G., <i>Analyses de cycles de vies des technologies – courriers électroniques, requête web, clé USB : quels impacts environnementaux</i> , 2011, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.	[HARR1]

HERR, B., « <i>Le cloud est une rupture technologique majeure</i> », dans <i>Solutions IT & Logiciels</i> , mai 2012, n°30.	[HERR1]
HOE, A., <i>Passez au green computing !</i> , dans <i>Linux pratique essentiel</i> , octobre, novembre 2011, n°22.	[HOFA1]
JACOBOWITZ, D., <i>Gmail : it's cooler in the cloud</i> , 2011, Google Green blog (googlegreenblog.blogspot.be/2011/09/gmail-its-cooler-in-cloud.html).	[JACO1]
JONES, M.T., <i>Optimization in GCC</i> , 2005, Linux journal (www.linuxjournal.com/article/7269).	[JONE1]
JOYEN-CONSEIL, E., <i>Le télétravail au service du développement durable</i> , 2010, Syntec informatique.	[JOYE1]
KAZANDJEVA, M., Heller, B. et al., <i>Software or hardware : the future of green enterprise computing</i> , Stanford University, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg.	[KAZA1]
KERN, E., DICK, M., JOHANN, T., NAUMANN, S., <i>Green software and Green IT : an end users perspective</i> , 2011, Institute for Software Systems, Umwelt-Campus Birkenfeld, Trier.	[KERN1]
LANGLOIS, S., <i>Les alimentations pour PC</i> , dans <i>PC Achat</i> , octobre 2010, n°168.	[LANG1]
LE BOULZEC, D., FLÉCHAIRE, J., <i>Le KitF1 à l'ère du GREEN concept</i> , 2012, Orange.	[LEBO1]
LEBOUCQ, T., MORIN, F. et al., <i>Code vert – projet de recherche collaboratif sur l'éco-conception des logiciels</i> , 2012, Kaliterre, Tocea, Icam, Sigma.	[LEBO2]
LEDOUX, T., <i>Elasticité logicielle pour optimiser l'empreinte écologique</i> , 2012, Ecole des mines de Nantes.	[LEDO1]
LIÉNART, S., CASTIAUX, A., <i>Innovation et respect environnemental sont-ils compatibles ? Le cas du secteur des TIC</i> , dans <i>Reflets et perspectives de la vie économique</i> , 2012/4 Tome LI, p. 77-96.	[LIEN1]
<i>Li-Fi</i> (fr.wikipedia.org/wiki/Li-Fi).	[LIFI1]
<i>Li-Fi Consortium</i> (www.lificonsortium.org).	[LIFI2]
LOHIER, F., <i>Make it up : déprogrammez l'obsolescence</i> , 2012, Green IT (www.greeit.fr).	[LOHI1]
<i>Loi de Moore</i> (fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Moore)	[LOID1]
MICHAU, O., PANAU, N., <i>Vupar : une démarche d'entreprise au service de nos clients</i> , Vupar (www.vupar.fr).	[MICH1]
MITTELETTE, E. et al., <i>Vision et recommandations sur le Green IT et le développement durable par Syntec Informatique</i> , Syntec informatique.	[MITT1]

NAUMANN, S., KERN, E., <i>Concepts and challenges of Green Software Engineering and Green Software</i> , 2012, Institute for Software Systems, Umwelt-Campus Birkenfeld, Trier.	[NAUM1]
PAZAT, J.-L., <i>Towards the magic green broker</i> , 2012, Myriads project team.	[PAZA1]
PETIT, M., BREUIL, H., CUEUGNIET, J., <i>Rapport « Développement Eco-responsable et TIC (DETIC) »</i> , 2009, Conseil Général de L'industrie, de l'Energie et des Technologies.	[PETI1]
PHILIPPOT, O., <i>Quel est le futur des logiciels ? Une explosion toujours croissante ?</i> , 2011 (www.greenit.fr).	[PHIL1]
PHILIPPOT, O., <i>Et si on hackait le cloud pour plus de transparence ?</i> , 2012, Green IT (www.greenit.fr).	[PHIL2]
PHILIPPOT, O., <i>Nettoyer son PC pour gagner des watts et des années</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[PHIL3]
PHILIPPOT, O., <i>Des nouveaux langages de programmation pour une informatique plus verte</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[PHIL4]
PHILIPPOT, O., <i>Prolonger la durée de vos batteries : 8 bonnes pratiques</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[PHIL5]
PHILIPPOT, O., <i>Comment calculer le vrai coût de possession (TCO) d'un poste de travail ?</i> , 2011, Green IT (www.greenit.fr).	[PHIL6]
PHILIPPOT, O., LEBOUQC, T., <i>Green code lab</i> , colloque du 18 octobre 2012, 2012, Green code lab.	[PHIL7]
PHILIPPOT, O., BORDAGE, F., LEBOUQC, T. et al., <i>Green patterns – Manuel d'éco-conception des logiciels</i> , 2011, Green Code Lab.	[PHIL8]
PIGUET, C., <i>La loi de Moore : quand s'arrêtera-t-elle ?</i> , 2010, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (flashinformatique.epfl.ch/IMG/pdf/10-10-page5.pdf).	[PIGU1]
<i>Politique d'impression des services de l'Etat – Guide pratique</i> , 2007, Mission interministérielle « France Achats ».	[POLI1]
<i>Projet académique – Lab Game Dev/ Lab IT Management</i> , 2010-2011, SUPINFO International University.	[PROJ1]
<i>Le PUE est-il un bon indicateur environnemental ?</i> , 2012, Alliance Green IT.	[PUEE1]
RAHMAN, M., <i>Les retardateurs de flammes, encore plus dangereux ?</i> , 2012, Techniques de l'Ingénieur (http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique_191/les-retardateurs-de-flammes-encore-plus-dangereux-article_71905/).	[RAHM1]

<i>Le réseau 4G en Belgique : pour qui et comment ?</i> , 2012 (www.lalibre.be).	[RESE1]
RETAILLÉ, J.-P., <i>Refactoring des applications Java/J2EE</i> , 2005, Eyrolles.	[RETA1]
SANGHITA, R., MANIGRIB, B., <i>Green computing – new horizon of energy efficiency and e-waste minimization – world perspective vis-à-vis Indian scenario</i> , Computer society of India (www.csi-sigegov.org/emerging_pdf/8_64-69.pdf).	[SANG1]
<i>Saving costs and energy with Windows Vista</i> , 2009, Microsoft.	[SAVI1]
TEBBUTT, D., ATHERTON, M., LOCK, T., <i>Green IT for dummies – Hewlett Packard limited edition</i> , 2009, Wiley publishing.	[TEBB1]
TONIC, F., <i>La stratégie des grands acteurs du Cloud Computing</i> , dans <i>Solutions IT & Logiciels</i> , septembre 2011, n°23.	[TONI1]
TONIC, F., <i>Etes-vous un développeur écologique ?</i> , dans <i>Programmez !</i> , mai 2012, n°152.	[TONI2]
<i>The true value of Green IT – An EMA research report</i> , 2008, Enterprise Management Associates.	[TRUE1]
<i>Vers l'explosion des besoins</i> , dans <i>Science et Vie</i> , avril 2013, n°1147.	[VERS1]
WEIHL, B., TEETZEL, E. et al., <i>Sustainable data centers</i> , dans <i>Crossroads</i> , été 2011, vol. XVII, n°4, Association for Computing Machinery.	[WEIH1]

9. Annexes

9.1 Calcul de consommation d'une station de travail

Cette méthode de calcul est tirée d'un rapport³⁰⁵ de recherche de la société « Enterprise Management Associates »³⁰⁶.

9.1.1 Hypothèses

Les données utilisées sont issues de Département américain de l'Energie³⁰⁷ (données en kWh) et concernent une moyenne des consommations des équipements les plus utilisés.

- Consommation en énergie d'un desktop (ordinateur de bureau fixe)
 - CPU en fonctionnement/en veille = 0,120 / 0,030
 - Moniteur en fonctionnement/en veille = 0,150 / 0,030
 - Disque dur = 0,002
- Consommation en énergie d'un laptop (ordinateur portable)
 - CPU en fonctionnement/en veille = 0,020 / 0,015
 - Moniteur en fonctionnement/en veille = 0,030 / 0,020
 - Disque dur = 0,002

9.1.2 Variables

Les variables sont définies en utilisant des moyennes des pratiques couramment observées pour les stations de travail aux Etats-Unis.

- Variable_A = Pourcentage moyen de temps où une station de travail est allumée
- Variable_B = Pourcentage d'une journée de travail pendant lequel on travaille sur son poste
- Variable_C = Pourcentage du temps où une station de travail est gardée allumée pendant des heures libres (soirs et week-ends)
- Variable_D = Pourcentage de temps où une station est gardée en hibernation pendant un jour de semaine (heures de travail et heures libres)
- Variable_E = Pourcentage des répondants à l'enquête qui ont indiqué qu'ils positionnaient à "Jamais" la fonction "Extinction du moniteur"
- Variable_F = Pourcentage des répondants à l'enquête qui ont indiqué qu'ils positionnaient à "Jamais" la fonction "Extinction du disque dur"

³⁰⁵ [TRUE1]

³⁰⁶ Société américaine fournissant des services aux entreprises concernant leur gestion IT. Celle-ci a aussi un important pôle de Recherche et Développement (source : www.enterprisemanagement.com).

³⁰⁷ DoE

- Variable_G = Pourcentage des répondants à l'enquête qui ont indiqué qu'ils positionnaient à "Jamais" la fonction "Mise en veille du système"
- Variable_H = Temps d'inactivité moyen du système avant d'initier l'action "Extinction du moniteur" (en minutes)
- Variable_I = Temps d'inactivité moyen du système avant d'initier l'action "Extinction du disque dur" (en minutes)
- Variable_J = Temps d'inactivité moyen du système avant d'initier l'action "Mise en veille du système" (en minutes)

9.1.3 Formules

Les formules suivantes sont données à titre indicatif et sont transposables en Excel. En effet, le but de ces formules est qu'elles puissent être utilisées facilement dans n'importe quel environnement de travail pour n'importe quel PC.

- Formula_A = Variable_A = Variable_B
- Formula_B³⁰⁸ = (Variable_C x 0,762) + (Variable_A x 0,238)
- Formula_C = [(Variable_C x 0,762) + (Variable_A x 0,238)] = Variable_B
- Formula_D³⁰⁹ = (Variable_D / 100) x 168
- Formula_E = MAX(Variable_H : Variable_J)
- Formula_F = IF (Variable_H < Variable_J, Variable_H, Variable_J)
- Formula_G = IF (Variable_I < Variable_J, Variable_I, Variable_J)
- Formula_H = IF (Formula_E > Formula_A, Formula_E, Formula_A)
- Formula_I = IF (Variable_E < Variable_G, Variable_E, Variable_G)
- Formula_J = IF (Variable_F < Variable_G, Variable_F, Variable_G)
- Formula_K = MAX(Variable_E, Variable_G)
- Formula_L (Consommation hebdomadaire d'un desktop en KWh) = [(Variable_A / 100 x 40) x 0,27] + < [(Variable_H - (Variable_H - Formula_F) / 60) x 0,15 x 5] > + < [(Formula_E - Variable_H) + (Variable_H - Formula_F) / 60] x 0,03 x 5 > + < [(Variable_I - (Variable_H - Formula_G) / 60) x 0,12 x 5] > + < [(Formula_E - Variable_I) + (Variable_I - Formula_G) / 60] x 0,002 x 5 > + < [(Variable_I - Formula_G) / 60] x 0,028 x 5 > + < [(Formula_E - Formula_G) / 60] x 0,028 x 5 > + < [(Formula_A - Formula_H) / 100 x 40] x [(100 - (Variable_E - Formula_I) / 100 x 0,03)] > + < [(Formula_A - Formula_H) / 100 x 40] x [(100 - (Variable_F - Formula_I) / 100 x 0,002)] > + < [(Formula_A - Formula_H) / 100 x 40] x [(100 - Variable_G) / 100 x 0,06] > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(100 - Variable_B) / 100 x 0,03] > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(Variable_E) / 100 x 0,15] > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(100 - Variable_F) / 100 x 0,002] > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(Variable_F) / 100 x 0,12] > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(Variable_G - Formula_I) / 100] x 0,03 > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(Variable_G - Formula_J) / 100] x 0,03 > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(Variable_G - Formula_J) / 100] x 0,028 > + < [128 x (Variable_C / 100)] x [(100 - Variable_K) / 100] x 0,27 >
- Formula_M (Consommation hebdomadaire d'un laptop en KWh) = [(Variable_A / 100 x 40) x 0,05] + < [(Variable_H - (Variable_H - Formula_F) / 60) x 0,02 x 5] > + < [(Formula_E - Variable_H) + (Variable_H - Formula_F) / 60] x 0,015 x 5 > + < [(Variable_I - (Variable_H - Formula_G) / 60) x 0,02 x 5] > + < [(Formula_E - Variable_I) + (Variable_I - Formula_G) / 60] x 0,002 x 5 > + < [(Variable_I - Formula_G) / 60] x 0,018 x 5 > + < [(Formula_E - Formula_G) / 60] x

³⁰⁸ Extrapolation pour une semaine du temps où une station de travail est allumée, qu'elle soit utilisée ou non.

³⁰⁹ Extrapolation pour une semaine du temps où une station de travail est en hibernation.

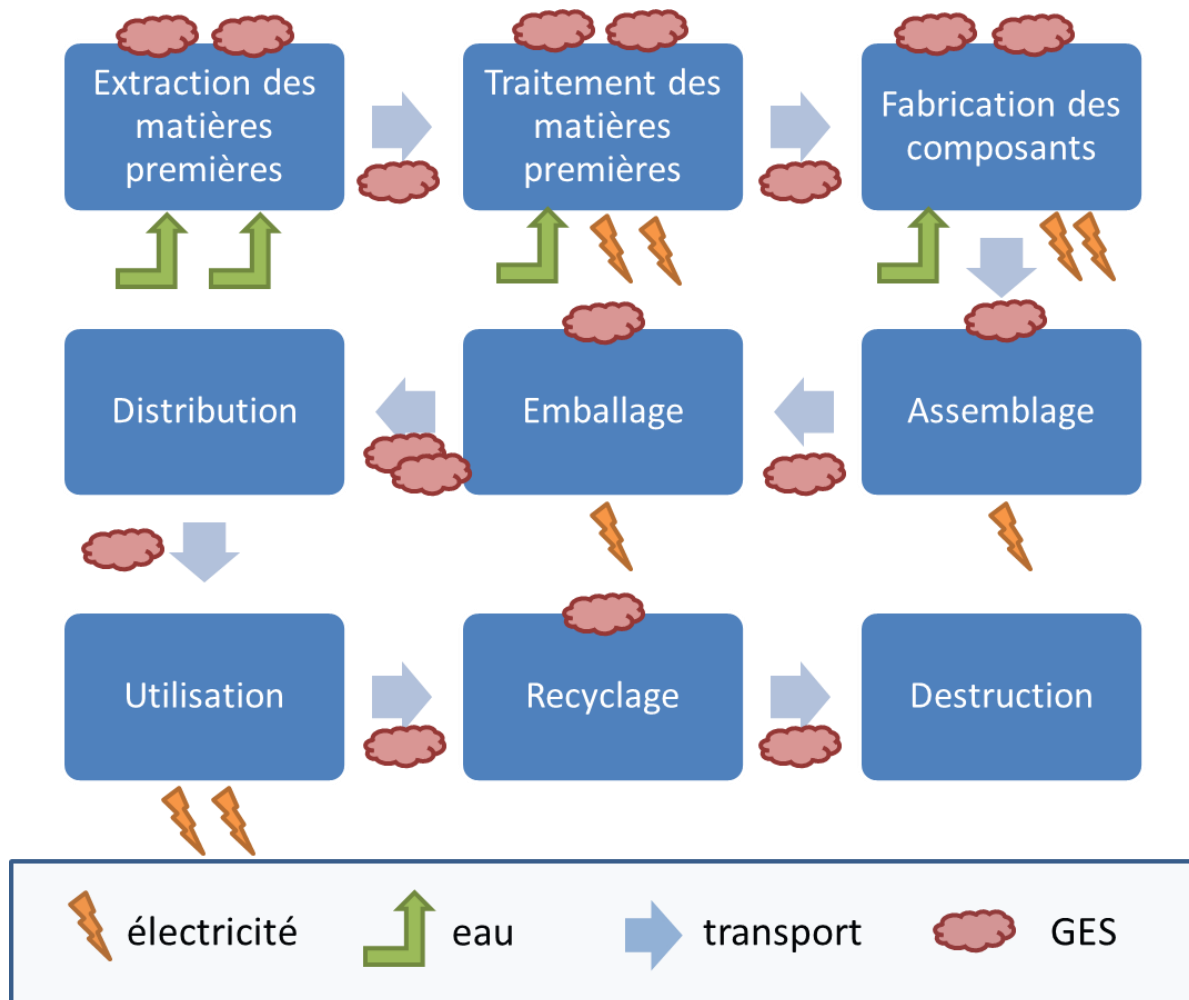
$$\begin{aligned}
& 0,018 \times 5 \} + <[(\text{Formula_A} - \text{Formula_H})/100 \times 40] \times \{[100 - (\text{Variable_E} - \text{Formula_I})]/100 \times \\
& 0,02\} \} > + <[(\text{Formula_A} - \text{Formula_H})/100 \times 40] \times \{[100 - (\text{Variable_F} - \text{Formula_I})]/100 \times \\
& 0,002\} \} > + \{[(\text{Formula_A} - \text{Formula_H})/100 \times 40] \times [(100 - \text{Variable_G})/100 \times 0,035]\} + \{[128 \times \\
& (\text{Variable_C}/100)] \times [(100 - \text{Variable_E})/100 \times 0,02]\} + \{[128 \times (\text{Variable_C}/100)] \times \\
& [(\text{Variable_E})/100 \times 0,015]\} + \{[128 \times (\text{Variable_C}/100)] \times [(100 - \text{Variable_F})/100 \times 0,002]\} + \\
& \{[128 \times (\text{Variable_C}/100)] \times [(\text{Variable_F})/100 \times 0,02]\} + \{[128 \times (\text{Variable_C}/100)] \times \\
& [(\text{Variable_G} - \text{Formula_I})/100] \times 0,02\} + \{[128 \times (\text{Variable_C}/100)] \times [(\text{Variable_G} - \\
& \text{Formula_J})/100] \times 0,015\} + <[128 \times (\text{Variable_C}/100)] \times \{[\text{Variable_G} - (\text{Variable_G} - \\
& \text{Formula_J})]/100\} \times 0,018 \} > + \{[128 \times (\text{Variable_C}/100)] \times [(100 - \text{Variable_K})/100] \times 0,05\}
\end{aligned}$$

Une fois le résultat de ces formules obtenus, il suffit d'en multiplier ce résultat avec le coût par KWh pour obtenir le coût réel d'un ordinateur, que ce soit un portable ou un ordinateur de bureau.

Cependant, l'utilisation de ces formules ne semblent, ni évident, ni totalement sûr car il dépend beaucoup des réponses données par des utilisateurs aux questions qu'on leur a posées. De plus, celles-ci partent essentiellement sur base de moyennes et d'une logique caractérisant la façon de fonctionner d'une entreprise « classique », à savoir 5 jours/semaine, 40 heures par semaine.

Il peut donc être utile de prendre en compte de telles formules mais il existe des outils beaucoup plus simples d'utilisation et plus fiables. Sous le couvert de paraître scientifique, ces formules sont cependant non représentatives de la comptabilisation carbone parfaite.

9.2 Les émissions d'un ordinateur tout au long de son cycle de vie³¹⁰







³¹⁰ [BALI1]



9.3 Top 50 des entreprises qui ont fait de la RSE un cheval de bataille³¹¹



Adidas Group	<p>Promotes a fair wage-setting mechanism based on local cost of living, as well as input from workers and other key stakeholders.</p> <p>Best practices in transparency include posting a global supplier and licensee factory list on its website. As an official sponsor and outfitter of the 2010 FIFA World Cup, Adidas published a separate list of suppliers for its World Cup products, including the level of union representation at each facility.</p> <p>A comprehensive work-life balance program provides flex-time schedules and services for families, including elder care, after-school programs and extensive support for expectant mothers.</p>
Ballard Power Systems Inc.	<p>Engaged in the development of clean energy hydrogen fuel cells and listed on the new S&P/TSX Clean Technology Index.</p> <p>During the 2010 Winter Olympics, Ballard was part of a consortium that provided zero-emission fuel-cell buses in Whistler, B.C., the world's largest deployment of green buses</p> <p>Awarded more than \$4 million by Sustainable Development Technology Canada to further develop fuel-cell technology for the transit bus market.</p>
BCE Inc.	<p>The only Canadian telecom company that is a signatory to the UN Global Compact, an initiative committed to 10 universally accepted principles in the areas of human rights, labour, environment and anti-corruption.</p> <p>Established board-level and executive-level oversight of its corporate responsibility strategy.</p> <p>Working with suppliers to recycle its telephone poles into reusable lumber and small wood chips to eventually be used to fuel alternative energy.</p>
BMO Bank of Montreal	<p>Launched the Clear Blue Skies Initiative, a company-wide strategy aimed at protecting and improving air quality through energy reduction and efficiency, waste management, and sustainable transport, materials and procurement.</p> <p>Introduced BMO SmartSteps, a program designed to teach customers to save, and a support program to help those most severely affected by the economic downturn.</p> <p>Provides basic banking services in remote northern and Aboriginal communities, and has implemented on-reserve housing loan programs.</p>
BMW	<p>Last year, it introduced the ActiveHybrid X6 and the ActiveHybrid 7, which consume 20 per cent less fuel than conventionally powered models.</p> <p>The company's first fully electric car, the Megacity, will be available in 2013.</p> <p>Vehicles are 85 per cent recyclable and 95 per cent reusable. And 15 per cent of the plastic components in BMWs are made from recycled material.</p> <p>The number of female managers has increased by 66 per cent over the past six years.</p>
Brookfield Properties Corp.	<p>Achieved Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) certification at nine of its properties. All of its office buildings in Canada have achieved BOMA BEST (Building Environmental Standards) certifications.</p> <p>At least one employee in each of Brookfield's major operating regions has achieved personal LEED accreditation.</p> <p>Implemented a green procurement policy that includes green cleaning and low-impact landscaping.</p>
Cascades Inc.	<p>In 2009, Cascades' Norampac division launched the "no-wax" box as an alternative to traditional waxed food packaging. The box is 100 per cent recyclable.</p> <p>To enhance transparency and sustainability, the company launched an online public survey and direct consultations with employees, managers, communities, investors, suppliers and NGOs on issues such as responsible procurement, governance and impact on communities and the environment</p>
Catalyst Paper	<p>The first company to manufacture mass-market carbon-neutral paper—Catalyst Cooled papers are produced with no net greenhouse gas emissions.</p> <p>In 2009, absolute emissions were 85 per cent below 1990 levels at its Canadian operations, exceeding its commitment as a World Wildlife Fund Climate Saver by 15 per cent.</p> <p>Derived 86 per cent of its power from renewable sources in 2009 at its Canadian operations—52 per cent of its total power came from carbon-neutral biomass fuels (mainly wood wastes).</p>


³¹¹ Source : www2.macleans.ca/2010/06/14/social-responsible-corp-2010

CIBC	<p>First major Canadian bank to form an investment team focused on green energy and clean-technology markets. The team plans to explore opportunities in the emerging carbon and water markets, as well as the future of the forest industry.</p> <p>Members of CIBC's senior executive team have a target in their performance scorecard to maintain or improve diversity representation at the bank.</p>
 Dell Inc.	<p>As part of its Smarter Packaging plan, Dell enhanced its bamboo computer packaging this year, making it compostable. The packaging is now in the process of being certified for recycling.</p> <p>The first major computer manufacturer to ban the export of any e-waste to developing countries.</p> <p>Worked with 11 U.S. state governments to pass legislation that requires technology companies take back old and used products from consumers and recycle them.</p>
Direct Energy	<p>The company initiated the Direct Energy 2010 Volunteer Challenge, encouraging employees to volunteer in the community. Direct Energy is hoping to amass 10,000 volunteer hours.</p> <p>Its parent company, Centrica, was ranked by the Carbon Disclosure Project as one of the top 25 companies in the world for carbon emissions disclosure.</p> <p>Invests in smart-meter technology and interactive home-energy management solutions to help customers understand and reduce household energy consumption.</p>
Enbridge Inc.	<p>Generates power for 1,750 homes from an innovative hybrid fuel cell that converts otherwise wasted pipeline energy into electricity.</p> <p>Involved in four Canadian wind power projects with a capacity of more than 260 megawatts—that's enough electricity to power 100,000 homes for a year.</p>
Gap Inc.	<p>Has a Clean Water Program that monitors waste-water treatment and discharge practices of its denim laundries.</p> <p>The company's employee engagement program, Money for Time, encourages volunteerism by donating \$150 to a non-profit organization for every 15 hours an employee spends volunteering.</p> <p>Donates half the profits from Gap (Product) Red products to the Global Fund, an international initiative to help those affected by HIV/AIDS in Africa.</p>
General Mills Inc.	<p>There are five women on the company's 14-member board of directors, which is rare in the food industry.</p> <p>GM is a member of the AIM-PROGRESS Responsible Sourcing group, an industry task force that collaborates to ensure best practices throughout the packaged-goods supply chain. To verify compliance with its own supplier code of conduct, General Mills utilizes independent audit firms to monitor working conditions in its supply chain.</p> <p>Stimulates sustainable agriculture by developing best-in-class agricultural practices, using conventional hybrid crop varieties to gain greater yields, and improving the environmental performance of production-scale farming practices.</p>
Gildan Activewear Inc.	<p>Donated more than \$570,000 through the Gildan Haiti Relief and Reconstruction Fund. The money helped fund food deliveries, medicine, diapers, tents and financial support to Gildan's employees, their families, and contractors of the company's Haitian manufacturing facility.</p> <p>Employee policies—including freedom of association, working conditions and elimination of discrimination—are based on International Labour Organization conventions.</p> <p>All Gildan-branded products are certified Oeko-Tex Standard 100, which tests for harmful substances in textiles.</p>
H.J. Heinz Company	<p>Introduces farmers in developing countries to sustainable agriculture through the use of non-GMO hybrid tomato seeds that will help to improve crop yields, resource conservation, as well as food and worker safety.</p> <p>To improve food safety, Heinz's Global Quality Risk Management Process utilizes a scoring system that evaluates 40 quality and safety categories. The assessments are completed by third-party auditors.</p> <p>Aims to obtain 15 per cent of its energy from renewable sources—wind, solar, biomass and biogas—by 2015.</p>
Honda	<p>Collaborates with Climate Energy, a home energy company, to produce a micro-combined heat and power system that supports natural gas heating systems and reduces emissions by 30 per cent.</p> <p>The company uses "Intelligent Paint Booth" technology that reduces CO2 emissions from body painting by roughly 15 per cent.</p> <p>The Honda Civic GX is the only natural-gas powered vehicle available in North America. And the Insight, a five-passenger hybrid, has the lowest retail price of any hybrid automobile in North America.</p>

 <p>Hewlett-Packard Company</p>	<p>The first electronics company to publish its list of suppliers online. HP updates the list annually and includes audit findings from its supplier facilities worldwide.</p> <p>The company's Central Nervous System for the Earth (CeNSE) initiative gathers real-time data on environmental, biological and structural shifts, which allows for improved infrastructure planning and advanced warning of natural disasters.</p> <p>Through the Graduate Entrepreneurship Training IT program (GET-IT), HP helps unemployed youth and new graduates gain technical and entrepreneurial skills.</p>
<p>HSBC</p>	<p>One of only six global financial institutions to adopt the Climate Principles, a voluntary framework to help financial institutions manage the opportunities and risks of climate change.</p> <p>The bank has a board of directors committee that oversees targets, strategy, policies and performance on sustainability issues.</p> <p>The company provides some of the most comprehensive reporting on its implementation of the Equator Principles, the financial standard for socially and environmentally responsible project financing.</p>
 <p>IBM Corp.</p>	<p>Incorporates life-cycle analysis into its product stewardship program—this includes reuse or recyclability, responsible end-of-life disposal, energy efficiency and material selection.</p> <p>Participates in supply-chain initiatives of the Carbon Disclosure Project and the Electronic Industry Citizenship Coalition, which focuses on methodologies for suppliers to measure, report and reduce carbon emissions.</p> <p>IBM's "World Community Grid" connects people who donate their idle computer time to create a global research grid. The network is used to compute biological, environmental and health-related data on behalf of organizations that are unable to access large-scale research infrastructure.</p>
<p>ING Group</p>	<p>As of 2010, executive compensation will be explicitly tied to environmental, social and governance performance targets.</p> <p>One of few financial institutions with a policy that explicitly restricts financing the production, maintenance or trade of controversial weapons.</p> <p>Has restrictive policies on gambling and pornography, and refrains from financing organizations directly involved in animal testing for cosmetic purposes or manufacturing of fur products.</p>
 <p>Intel Corp.</p>	<p>Governance and nominating committee charter acknowledges a fiduciary duty to corporate responsibility and sustainability performance, while executive and non-executive employee cash bonuses are linked to the achievement of environmental, social and governance goals.</p> <p>The technology firm has a company-wide water policy that explicitly recognizes the human right to water and seeks to engage communities on their usage and conservation of water.</p> <p>Its World Ahead Program improves access to technology—including mobile telemedicine centers, PC purchase programs, and multi-language teacher-training resources—for those in need.</p>
<p>JPMorgan Chase & Co.</p>	<p>Publicly disclosed an investment exclusion list that includes extractive projects or commercial logging in World Heritage sites and primary tropical moist forests.</p> <p>One of the only U.S. banks that integrates the Universal Declaration on Human Rights into its investment, employee and supplier policies.</p>
<p>Kinross Gold Corp.</p>	<p>To provide company-wide standards and guidelines for its environmental, health and safety management system, Kinross models its system on the global ISO 140001 standard for environment, and the OHSAS 18001 standard for occupational health and safety.</p> <p>The company's strong reclamation practices includes a business unit specifically charged with returning land disturbed by mining activities to stable and productive land uses.</p> <p>Strong community engagement mechanisms, including a system to identify key stakeholders and active community consultation groups at most operations.</p>
<p>Loblaws Companies Ltd.</p>	<p>Four stores are involved in a solar-panel pilot project. If successful, the company will increase rooftop installations at stores across Ontario. Energy generated will power surrounding communities, as part of the province's Feed-in Tariff Program of the Green Energy Act.</p> <p>Is committed to sourcing 100 per cent of seafood sold in its stores from sustainable suppliers by the end of 2013. That includes all canned, frozen, fresh, wild and farmed products, for both private label and national brands.</p>
<p>L'Oreal</p>	<p>As a member itself, L'Oreal is committed to sourcing all of its palm oil from suppliers connected with the Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) by the end of this year.</p> <p>Has a Green Chemistry program that uses renewable raw materials, green manufacturing and environmentally friendly ingredients in the production of its cosmetics.</p> <p>Half of the company's international brands are headed by women.</p>
<p>Manulife Financial.</p>	<p>Has set up low-cost micro-insurance programs to support families in rural areas of Vietnam, and micro-finance loans to help entrepreneurs in parts of Indonesia that are still suffering from the aftermath of the 2004 tsunami.</p> <p>Will donate 75,000 trees to be planted around the world to celebrate 10 years as a public company.</p> <p>Since 2008, the company has reduced its air-travel-related CO2 emissions by 22 per cent.</p>

McDonald's Corp.	<p>Published a "2010 Best of Sustainable Supply" compendium featuring 50 case studies highlighting best practices across its supply chain. By featuring the most innovative solutions to environmental, labour and animal welfare issues among its suppliers, McDonald's hopes to drive progress within its industry.</p> <p>Is a signatory to the Canadian Children's Food and Beverage Advertising Initiative, which requires all advertisements aimed at children be devoted to the promotion of healthy dietary choices.</p>
Nexen Inc. .	<p>Released a comprehensive integrity guide for everyone from the board of directors to employees and contractors.</p> <p>Sponsored a local water delivery system near the company's operations in Ressib, Yemen, resulting in safe drinking water for 5,000 people. The project is being expanded to include a local sanitation system.</p> <p>Recently launched its ReachOut volunteer program that provides up to \$1,000 for charities supported by its employees, in addition to paid volunteer days.</p>
Nike Inc.	<p>At the 2010 FIFA World Cup, Nike teams will be wearing jerseys made from 100 per cent discarded bottles sourced from landfills. Each recycled polyester jersey is produced from up to eight recycled plastic bottles.</p> <p>The Nike N7 program provides Aboriginal organizations, centers and communities greater access to health care through grants, donations and athletic opportunities. The 15 participating Canadian Aboriginal communities receive Nike products at a reduced cost, with proceeds benefiting the Nike N7 Fund.</p> <p>The Nike Foundation started the Girl Effect, providing adolescent girls in developing countries with educational, health, entrepreneurial and skills-training programs.</p>
Nokia	 <p>The "Progress Project" provides technology to address the digital divide in emerging markets. "Nokia Life Tools," developed with the Indian government and local enterprises, uses mobile phones to facilitate access to information and education for Indians without Internet access.</p> <p>Excludes conflict minerals (e.g., tantalum, cobalt, tin) from its products, and requires suppliers to source tantalum, a rare metallic element, from socially and environmentally responsible suppliers.</p> <p>Is a member of the Global e-Sustainability Initiative and participates in the Supply Chain Working Group.</p>
Oracle Corp.	 <p>Collaborates with the National Federation of the Blind (NFB) to develop technological solutions—screen magnifying software, for instance—to improve employment and educational opportunities for the visually impaired.</p> <p>The Oracle Education Foundation sponsors ThinkQuest, a free, online, multi-subject learning platform that reaches more than 400,000 students in 43 countries every year.</p> <p>Upgraded its transportation logistics software to include a "green dashboard," which will incorporate the new U.S. Environmental Protection Agency's SmartWay emission targets, helping freight companies reduce their environmental impacts.</p>
Puma	<p>Aims to produce 50 per cent of its products using sustainable materials by 2015. Puma's new packaging and distribution system will reduce the amount of paper used for shoeboxes by 65 per cent and carbon emissions by 10,000 tonnes per year.</p> <p>First company to join the Global Action Network for Transparency in the Supply Chain to improve the social and environmental performance and disclosure of its suppliers. To promote the greening of its supply chain, Puma aims to have a 25 per cent reduction in CO2 emissions, energy, water and waste in all its company-owned facilities and first-tier supplier factories by 2015.</p>
RBC	<p>One of few banks with a policy to avoid direct and indirect financing of companies that manufacture or trade equipment or material for nuclear, chemical or biological warfare, land mines or cluster bombs.</p> <p>Actively recruits new immigrants, Aboriginals, gays and lesbians, and people with disabilities. Has clear goals for increasing workforce diversity, especially among senior executives.</p>
Rio Tinto-Alcan	<p>Has adopted water management plans and reduction targets, employing skilled water personnel at each site. Operations are audited against its parent company's water standards every two years.</p> <p>A leader in the use of clean energy sources—hydroelectric power—Alcan further reduced its greenhouse gas emission intensity by almost 10 per cent in 2009, thanks to a strong company-wide climate change policy, closure of old operations and increased operational efficiency.</p>
Scotiabank	<p>Launched a comprehensive employee policy on HIV/AIDS in the workplace. Employee health and safety and zero-tolerance for discrimination are addressed.</p> <p>As Canada's most international bank, it has globalized its corporate responsibility strategy and created a five-year plan to incorporate global sustainability performance data in its CSR reporting.</p> <p>Leads micro-finance initiatives through its operations in Chile, Peru, Jamaica, Dominican Republic and Guatemala.</p>

 <p>Sony Corp.</p>	<p>Developed programs to support and promote work-life balance, including flexible working hours for employees with children.</p> <p>Established an environmental program called the “Road to Zero” Global Environmental Plan, which strives to achieve a zero environmental footprint throughout the life cycle of its products and activities by 2050.</p> <p>Sony’s green procurement policy states that it will only acquire products and materials from suppliers that meet the requirements of the company’s Green Partner Environmental Quality Approval Program.</p>
<p>Stantec Inc.</p>	<p>Develops building designs with energy and resource efficiencies that exceed the standards of those outlined in the Model National Energy Code of Canada by including features such as grey-water recycling and extensive green rooftops.</p> <p>Offers emergency spill response planning and services, including ecosystem restoration.</p> <p>Incorporating sustainable strategies in its design of the Winnipeg International Airport’s new terminal—which aims to be the first LEED-certified terminal on the continent when it opens later this year.</p>
<p>Starbucks Corp.</p>	<p>Increased Fair Trade Certified coffee purchases from 19 million to 39 million pounds between 2008 and 2009, making it the largest purchaser of Fair Trade Certified coffee in the world.</p> <p>In partnership with Conservation International, Starbucks piloted a forest conservation program where it engaged with 29 coffee-growing communities in Indonesia and Mexico to promote farming practices that reduce carbon emissions.</p> <p>Is on track this year to achieve its goal of purchasing 50 per cent of the electricity used in stores from renewable energy sources.</p>
<p>State Street Corp.</p>	<p>Reduced greenhouse gas emissions by 37 per cent for its North American operations by purchasing Green-e certified renewable energy. In 2009, the company purchased additional renewable energy to cover 50 per cent of its electric load in Massachusetts, where the majority of its employees work.</p> <p>In 2009, five per cent of its \$98 billion in total assets managed was categorized as socially responsible investments, a significant proportion compared to its peers.</p>
<p>Sun Life Financial</p>	<p>Real estate properties in its Canadian investment portfolio are targeted to meet sustainability criteria, which include environmental certifications, fair employment principles and responsible contracting.</p> <p>Donated \$9.8 million in 2009 to various causes in Canada and abroad, including research into Parkinson’s disease, humanitarian aid and scholarships in developing countries.</p> <p>To educate the public on the recent meltdown, Sun Life set up a blog about the economy and the global financial crisis on its Canadian website.</p>
<p>Suncor Energy Inc.</p>	<p>Has developed a process to accelerate the reclamation of its unsightly oil sands tailings ponds, and is expected to be the only oil sands mining company to meet Alberta’s new requirements for the regulation of tailings operations.</p> <p>Financially supported Fort McMurray, Alta.’s state-of-the-art Suncor Community Leisure Centre, the largest recreational facility of its kind in Western Canada.</p> <p>Leadership on policy, social and environmental issues is a key performance indicator used to determine the CEO’s annual bonus package.</p>
<p>Talisman Energy Inc.</p>	<p>Supports the full disclosure of chemicals used by its contractors during the process of hydraulic fracturing, a highly controversial shale gas drilling practice.</p> <p>Is implementing 360-degree feedback reviews for mid-managers in 2010, a process already in place for executives and senior leaders.</p> <p>Represents the only Canadian company participating in the Voluntary Principles on Security and Human Rights Plenary Group, which provides guidance to extractives companies on maintaining the safety and security of their operations, while ensuring respect for human rights.</p>
 <p>TELUS Corp</p>	<p>First telecommunications company to voluntarily extend a “say on pay” vote, a provision that allows shareholders to vote on how companies pay their top executives.</p> <p>Donated \$24 million to charitable causes in 2009. The company encourages charitable participation by matching donations, dollar for dollar, given by any employee or retiree to over 50,000 Canadian charities.</p> <p>Contracts include an environmental liability clause, requiring suppliers to include environmental aspects into staff training and to comply with environmental regulations.</p>
<p>TD Bank Financial Group</p>	<p>Became carbon neutral by 2010 by improving building efficiencies and by purchasing renewable energy and carbon offsets.</p> <p>TD Asset Management division is a signatory to the United Nations Principles for Responsible Investment (UNPRI). Its sustainable investment policy for its Canadian and U.S. operations states that the company will incorporate environmental, social and corporate governance (ESG) factors into its broader investment analysis.</p> <p>TD is aiming to have women make up 35 per cent of its executive team by the end of 2011.</p>

TransAlta Corp.	<p>As Canada's largest publicly traded provider of renewable energy, Transalta already has 950 MW of wind power capacity and another 123 MW in development.</p> <p>Is implementing state-of-the-art emission reduction technologies at its Centralia power plant to voluntarily reduce mercury emissions by 50 per cent by 2012.</p> <p>Following the 2010 Haitian earthquake, TransAlta supported recovery efforts through cash donations and employee and retiree gift-matching.</p>
Transcontinental Inc.	<p>Established a Sustainable Development Steering Committee so employees can offer feedback and ideas to management.</p> <p>Its San Francisco Chronicle building was one of the first Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) silver certified printing facilities in North America.</p> <p>Obtained the "triple chain-of-custody" for sustainably sourced paper for all its American and Canadian operations, which includes certifications from the Forest Stewardship Council, the Programme for the Endorsement of Forest Certifications and the Sustainable Forestry Initiative.</p>
Volkswagen	<p>Implemented a "CO2 registry," whereby emissions are examined at every stage of the vehicle-creation process. Findings are submitted to the board of management, which decides if a project will move forward given its environmental footprint.</p> <p>Introduced "BlueMotionTechnologies," which reduce the fuel consumption and emissions in all its car models.</p> <p>At its South Africa plant, the company provides HIV/AIDS education and treatment facilities for its 5,000 employees, and ensures discrimination-free reintegration of infected employees.</p>
Westport Innovations Inc.	<p>Its "Westport-Cycle" technology enables diesel engines to run on natural gas, propane, and other gaseous fuels such as hydrogen, while retaining power and efficiency.</p> <p>Launched the Westport Carbon Project (WCP) to monetize emission reductions associated with its Cummins Westport (CWI) and Westport HD natural gas engines. Through this initiative, Westport and CWI natural-gas-powered vehicles sold since January 2009 are eligible for carbon credits.</p>
 Xerox Corp.	<p>Many of the company's board and executive positions are filled by women, including Ursula Burns, the company's chief executive officer and chairperson.</p> <p>A life-cycle assessment of the new ColorQube high-speed solid ink printer shows that the device generates 90 per cent less waste, uses nine per cent less energy and produces 10 per cent fewer greenhouse gases than comparable laser devices.</p> <p>Engaged in a three-year partnership with the Nature Conservancy, focused on sustainable forest management in Brazil, Canada, Indonesia, and the U.S.</p>